



UFRJ

**Thayana Bartira Libardi Pavloski**

**MODELAGEM GEOLÓGICA E ESTRUTURAL 3D DAS FORMAÇÕES  
LOS MOLLES E LAJAS, GRUPO CUYO, BACIA DE NEUQUEN (AR)**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
(Bacharelado em Geologia)**

UFRJ

Rio de Janeiro

2009

**Thayana Bartira Libardi Pavloski**

**MODELAGEM GEOLÓGICA E ESTRUTURAL 3D DAS FORMAÇÕES  
LOS MOLLES E LAJAS, GRUPO CUYO, BACIA DE NEUQUEN (AR)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Carlos Jorge Abreu

P 338 Pavloski, Thayana Batira Libardi

Modelagem geológica e estrutural 3D das Formações Los Molles e Lajas, Grupo Cuyo, Bacia de Neuquen (AR)/Thayana Batira Libardi Pavloski -- Rio de Janeiro: UFRJ/ IGeo, 2009.

44 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Carlos Jorge Abreu.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2009.

1. Geologia. 2. Modelagem tridimensional. 3. Bacia de Neuquén  
I. Abreu, Carlos Jorge. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGeo. III. Título.

CDD: 681.755

Thayana Bartira Libardi Pavloski

MODELAGEM GEOLÓGICA E ESTRUTURAL 3D DAS FORMAÇÕES  
LOS MOLLES E LAJAS, GRUPO CUYO, BACIA DE NEUQUEN (AR)

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do Rio  
de Janeiro – UFRJ, apresentado como  
requisito necessário para obtenção do grau  
de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Carlos Jorge Abreu

Aprovada em: 21 set de 2009

Por:

---

Prof. Carlos Jorge Abreu (UFRJ)

---

Prof(a). Paula Lucia Ferruccio da Rocha (UFRJ)

---

Geól. Alessandra Rosa da Silva (Petrobras – Cenpes)

Dedico este trabalho á minha família: meus pais, irmão, cunhada, meus tios, primos e a minha segunda família macaense que foi também fundamental em muitos momentos. Em especial, a minha fada madrinha que caiu do céu.

## **Agradecimentos**

Agradeço a minha maravilhosa “grande família”, fundamental durante todos esses anos de faculdade. As mulheres dessa família tão especial eu só tenho a agradecer, pelos ensinamentos, pela paciência, amor, dedicação, carinho, apoio incondicional. Cada uma contribuiu de forma intensa e peculiar ao longo desses anos. Em especial a minha mãe, por toda a saudade que ela aprendeu forçadamente a conviver e a qual sempre apoiou minhas decisões. Aos homens dessa família eu só tenho a agradecer também, por todo o citado acima e mais um pouco. Vocês todos fazem os meus dias mais engraçados e divertidos.

A querida Camila, que foi muito importante em todas as etapas pessoais e acadêmicas desses últimos anos, sendo amiga, companheira pra todo e qualquer momento e nas horas vagas até mesmo geóloga.

A toda a turma de 2002 (Geologuinhos do Amanhã), os quais fizeram os meus anos, mais divertidos, leves, e serem companheiros pra uma vida toda. A minha amiga Alessandra agradeço em especial por todas e infinitas horas de apoio, presença e ajuda na vida acadêmica, pessoal e aos calouros e veteranos.

Ao já amigo e muito querido Walgenor, que mais do que ninguém me ajudou, quebrou galhos, ouviu, brincou, me fez rir e me incentivou nesses anos acadêmicos.

Aos orientadores Antônio José Lopes de Andrade Ramos, Carlos Jorge Abreu e José Eduardo Faccion, pela atenção, ensinamento e pelos momentos dedicados para que este trabalho chegasse ao fim. Ao Mathieu Morris (Paradigm), pelo aprendizado passado, Stefane, Charazadne, Michelle, Danielle, colegas da Petrobras, as quais, mesmo sem perceber foram importantíssimas com seus conselhos, ajudas e descontração e a Paula Ferruccio que esteve de pronta ajuda.

A minha mais nova aquisição pelos caminhos malucos da vida e já querida amiga Ariane, que não faz idéia do quanto ela foi uma fada madrinha de olhos azuis em minha vida, daquelas de conto de princesas. Deixo aqui o meu muito e emocionado agradecimento, pela paciência mesmo cansada de um dia todo de trabalho, recepção, acolhimento, atenção mesmo quando Luísa implorava um pouco de atenção, ao Dani, os quais também devem agradecimentos, enfim, a sua família linda e acolhedora, fica aqui meu eterno agradecimento. A Unisinos, Paim, Lavina, Vanessa, Marinez, Henrique, Zeca, pela mega ajuda e aos não citados e presentes na minha vida que ajudaram.

## Resumo

PAVLOSKI, Thayana Bartira Libardi. **Modelagem Geológica e Estrutural das Formações Los Molles e Lajas, Grupo Cuyo, Bacia de Neuquen (AR)**. Rio de Janeiro, 2009, xx p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Este estudo buscou uma modelagem geológica e estrutural tridimensional, com base em dados sedimentológicos de superfície (afloramento) e seção estratigráfica 2D, das Formações Los Molles e Lajas, Grupo Cuyo, Bacia de Neuquén. Os dados foram modelados por meio de tratamento matemático de atributos mensuráveis e da realização de simulações sobre o modelo numérico assim gerado, utilizando o software Gocad®. Através desta técnica, objetivou-se ampliar a capacidade de visualização e interpretação das superfícies estratigráficas que delimitam as sequências deposicionais, bem como, os elementos morfológicos e suas fácies sedimentares associadas. A visualização de modelos 3D, integrando dados sedimentológicos, estratigráficos e tectônicos é muito aplicada no estudo da evolução geológica das bacias como técnica complementar para as atividades de exploração do petróleo.

**Palavras-chave:** Modelagem tridimensional; estratigrafia de sequências; Grupo Cuyano; Bacia de Neuquen; *Gocad*®

### ***Abstract***

PAVLOSKI, Thayana Bartira Libardi. **Modelagem Geológica e Estrutural das Formações Los Molles e Lajas, Grupo Cuyo, Bacia de Neuquen (AR)**. Rio de Janeiro, 2009, 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This study looks for a geological modeling and estrutural 3D modeling based on surface sedimentological data (outcrop) and 2D stratigraphic sections of Los Molles Formation, Lajas Formation, Cuyo Group, Neuquen Basin. The data were modeled through mathematical treatment of measurable attributes and simulations on the numerical model generated, using the software Gocad®. The purpose of using this technique is to expand the visualization and interpretation capabilities of the stratigraphic surfaces that delimit the depositional sequences as well as the morphological elements and their associated sedimentary facies. The visualization of 3D models by integrating sedimentological, stratigraphic and tectonic data is very used to study the geological evolution of the basins as complementary technique for the oil exploration.

**Key-Words:** Three-dimensional modeling; stratigraphy sequence; Cuyano Group; Neuquen Basin; Gocad®



## Lista de Figuras

Figura 1 – Localização da Bacia de Neuquén e da área estudada .....	02
Figura 2 – Coluna estratigráfica do Grupo Cuyo(modificado Vergani e Hinterwimmer,1986).....	06
Figura 3 – Evolução paleogeográfica inicial do Grupo Cuyo (Legaretta e Uliana, 1991) .....	07
Figura 4 – Evolução paleogeográfica final do Grupo Cuyo (Legaretta e Uliana, 1991).....	07
Figura 5 – Visualização das quatro sequências de terceira ordem (Vail et al., 1977), que são denominadas JC4, JC5, JC6 e JC7, identificadas por Zavala, 1993.....	11
Figura 6 – Visualização das cinco sequências de menor ordem identificadas por Zavala (1993), dentro da sequência JC4, subdivididas em JC4.1, J.C4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5 (círculo amarelo).....	11
Figura 7 – Análogo do elemento morfológico barra de desembocadura dominada por onda e praia, modelado na área. (Google Earth, 2009).....	13
Figura 8 – A área circulada de vermelho representando ilustrativamente à barra de desembocadura flúvio-dominado. Geometricamente à barra de desembocadura não é representativa da sequência JC5, mas serve para mostrar a distribuição granulométrica dos arenitos médios e grossos estão na região mais proximal (parte fluvial de alta energia) e os finos concentrados na região mais externa, praial (Jaillard, ORSTOM, 1993).....	14
Figura 9 – Imagem ilustrativa de um canal estuarino com a planície de maré (Costa da França). Esta imagem representa bem a distribuição das fácies, onde a concentração de finos e médios encontra-se na plataforma e as regiões onde se concentram as fácies mais grossas estão em direção ao continente (Google Earth, 2009).....	15
Figura 10 – Imagem ilustrativa de uma planície deltaica inferior, pântano à baía interdistributária (costa da África do Sul). Este elemento morfológico não representa fielmente o modelo tridimensional gerado quanto suas formas geométricas, mas é bastante representativo em suas fácies sedimentares se comparado ao modelo, onde a concentração de finos e arenitos finos é localizada na região mais interna do estuário, mostrando uma região de baixa energia (Google Earth, 2009).....	15

Figura 11 – Imagem ilustrativa de canal estuarino (costa da África do Sul), o qual apresenta formas parecidas com as modeladas (demonstrada na figura 32), (Google Earth, 2009)..... 16

Figura 12 – (a) Imagem ilustrativa de sistema fluvial meandrante (Rio Guajará-Mirim, Rondônia, Brasil); (b) Imagem ilustrativa do sistema fluvial entrelaçado (Google Earth, 2009). Tanto (a) como (b) demonstram canais que se assemelham ao canal modelado..... 17

Figura 13 – A esquerda da figura é demonstrada a localização no programa dos poços e um exemplo dos *markers* “ligados” de um poço. A direita, a localização espacial do poços e os seus respectivos *markers* ..... 20

Figura 14 – Localização do Datum na seção estratigráfica O-W, denominado por Zavala, 1993, como a base da sequência deposicional JC6 (Fm. Challaco)..... 20

Figura 15– Uma parte da coluna estratigráfica criada no programa, onde é especificado o contato dos empilhamentos estratigráficos com relação à todas sequências deposicionais modeladas. Na sequência deposicional JC5, subdividiu-se a sequência em duas partes, sendo a superior a SEQ\_JC5\_HST (a qual refere-se ao trato de sistema de mar alto) e na parte inferior SEQ\_JC5\_TST (a qual refere-se ao trato de sistema transgressivo)..... 21

Figura 16 – Volume de interesse proposto ao programa, através de um polígono fechado. (a) Desenho feito com a ferramenta chamada *curve*, referente à falha; (b) Associação da *curve* desenhada que o programa faz do topo e da base com a profundidade dos poços..... 22

Figura 17 – (a) e (b) Criação da superfície da falha, a partir dos dados de topo e base das curvas criadas e associadas ao programa..... 23

Figura 18 – (a) Janela onde o programa constrói/gera a base das sequências deposicionais; (b) Visualização frontal, das superfícies geradas a partir dos *markers* já carregados (dados de base das sequências)..... 23

Figura 19 – Outro ponto de visualização (lateral) das superfícies estratigráficas geradas (dados de base das sequências). Neste ângulo é possível observar a falha e as superfícies geradas. A área modelada acima, apresenta 90 m<sup>2</sup> (E-W) por 30m<sup>2</sup> (N-S) de extensão..... 24

Figura 20 – Visualização frontal das superfícies, após serem refinadas através de suavizações em cada superfície gerada, remoções dos cruzamentos entre as superfícies e até a remoção de uma parte das superfícies que não apareciam em alguns poços, devido a motivos erosionais, truncamentos e/ou *pinchout* - na linguagem do programa - e também o fato da profundidade do poço não ser atingida naquela determinada região..... 25

Figura 21 – Visualização lateral das superfícies geradas, após seu refinamento, por: interpolação, suavização de cada uma das superfícies, remoção de cruzamentos entre essas superfícies e até mesmo a remoção de determinadas regiões que não apareciam em alguns poços, devido a motivos erosionais, truncamentos ao fato da profundidade de alguns poços não atingir determinadas regiões..... 25

Figura 22 – Reconhecimento do programa quanto à existência de uma falha com relação à base de uma superfície estratigráfica (no caso a sequência JC4.1). Após essa associação o programa passa a apresentar não mais uma superfície por inteira (mesma cor para o programa), mas passa a reconhecer duas novas regiões (lado azul à esquerda e lado rosa a direita) de uma mesma superfície estratigráfica..... 26

Figura 23- Visualização do ajuste e da nova localização do rejeito da falha sendo construído (linhas pontilhadas) com relação à base da superfície JC4.1..... 27

Figura 24 – Nova localização da base da superfície JC4.1 (porção NW) com relação ao rejeito da falha construído, sendo agora reconhecido pelo programa, duas superfícies independentes mas pertencentes a mesma superfície JC4.1..... 27

Figura 25 – Visualização de todas as bases das sequências deposicionais geradas com relação à falha (JC1, JC2, JC3, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5, JC5). A seta cinza representa a base da sequência JC4.2 e a seta vermelha representa a base da sequência deposicional JC4.1..... 28

Figura 26 – (a) *Grid* gerado representando o trato de sistema de mar alto (HST), com medidas de 10 metros de comprimento, 150 metros de largura e 200 metros de espessura, limitado em sua base pela superfície denominada SIM\_JC5 e no seu topo pela superfície denominada Datum\_JC6; (b) *Grid* representando o trato de sistema transgressivo (TST), com medida de 20 metros de comprimento, 150 metros de largura e 200 metros de espessura, limitado em sua base pela base da superfície denominada BASE\_JC5 e no seu topo pela superfície denominada SIM\_JC6..... 29

Figura 27 – Visualização dos *grids* das sequências JC1, JC2, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5. Todos esses *grids* foram gerados com medidas de 20 metros de comprimento, 150 metros de largura e 200 metros de espessura. Como não eram sequências de interesse da modelagem mais detalhada, fez-se um *grid* de tamanho onde pelo menos as fácies mais importante de cada sequência pudessem ser representadas..... 30

Figura 28 - (a) Local onde as regiões são criadas no programas com suas respectivas propriedades; (b) Região do elemento plataforma costa afora a prodelta, com sua região criada representada pelos triângulos vermelhos. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região criada de cem por cento de proporção a ser modelada, já que se trata de uma plataforma..... 31

Figura 29 – Região do elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, representada por triângulos vermelhos. Como propriedade, foi dada uma

proporção nessa região de trinta por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento..... 31

Figura 30 – Região do elemento barra de maré de plataforma a estuarina, representado pelos triângulos vermelhos na figura. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de quarenta por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento..... 32

Figura 31 – Região do elemento canal estuarino, representado pelos triângulos cinzas na figura. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de quarenta por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento..... 32

Figura 32 – Região do elemento sistema fluvial, representado pelos triângulos vermelhos na figura. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de dez por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento..... 33

Figura 33 – Visualização do modelo gerado do elemento plataforma costa afora a prodelta, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de cem por cento, as medidas de 8.000 metros de comprimento, 250 metros de largura e 50 metros de espessura e a orientação de -30°, o programa simulou o elemento na área toda estudada. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento plataforma costa afora a prodelta, a cor selecionada foi verde..... 34

Figura 34 – Visualização do modelo gerado do elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de quarenta por cento na região criada, as medidas de 8.000 metros de comprimento, 250 metros de largura e 50 metros de espessura e a orientação de 30°, o programa simulou o elemento a partir dos dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, a cor selecionada foi amarelo escuro..... 35

Figura 35 – Visualização do modelo gerado do elemento barra de maré de plataforma a estuarina, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de quarenta por cento na região criada, as medidas de 40.000 metros de comprimento, 3.000 metros de largura e 30 metros de espessura e a orientação de 30°, o programa simulou o elemento a partir dos dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, a cor selecionada foi amarelo claro..... 35

Figura 36 – Visualização do modelo gerado do elemento canal estuarino, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à

proporção dada de trinta por cento na região criada, as medidas de 10.000 metros de comprimento, 700 metros de largura e 100 metros de espessura e a orientação de  $-210^\circ$ , o programa simulou o elemento a partir dos dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento canal estuarino, a cor selecionada foi vermelho..... 36

Figura 37 – Visualização do modelo gerado do elemento sistema fluvial, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a de canais sinuosos. Devido à proporção dada de dez por cento na região criada, suas medidas de 12.000 metros de comprimento, 500 metros de largura e 70 metros de espessura. Com relação as suas sinuosidades (entre uma curva e outra) apresentaram 10.000 metros de comprimento e 1.000 metros de extensão. Uma orientação de  $-240^\circ$  foi dada, assim o programa simulou o elemento a partir destes dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento sistema fluvial, a cor selecionada foi rosa..... 36

Figura 38 – Visualização do modelo gerado de fácies da plataforma costa afora a prodelta, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área) de interesse (nesse caso, os poços RDA08, BP07 e CL09) sejam respeitados dentro dos *grids*. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elemento anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde a maior concentração de finos esta na direção (NE-SW) a plataforma e na parte continental as areias. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto..... 38

Figura 39 – Visualização do modelo gerado de fácies da barra de desembocadura dominada por onda e praia, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área) de interesse (nesse caso os poços localizados a NW), sejam respeitados dentro dos *grids*. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elemento anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NE-SW) e a maior concentração de areias esta localizada na região continental e os finos presentes estão localizados mais para a região plataformal. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto..... 39

Figura 40 – Visualização do modelo gerado de fácies da barra de maré de plataforma a estuarina, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas à nova região delimitada em volta dos poços (ou da área) de interesse (nesse caso os poços localizados a NW), os quais devem se respeitados dentro dos *grids*. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elementos anteriormente. Após

simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NW-SE) e a maior concentração de areias esta localizada na região plataformal e os finos presentes estão localizados mais para a região continental. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto..... 39

Figura 41 – Visualização do modelo gerado de fácies de canal estuarino, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área), nesse caso os poços localizados a NW, os quais devem ser respeitados dentro dos *grids*,. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elementos anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NW-SE) e a maior concentração de areias grossas esta localizada na região plataformal e as areias médias presentes estão localizados mais para a região continental. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto..... 40

Figura 42 - Visualização do modelo gerado de fácies da barra do sistema fluvial, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova área interesse (nesse caso os poços localizados a NW), sejam respeitados dentro dos *grids*,. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elementos anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NW-SE) e a maior concentração de grânulos está localizada na região continental e as areias distribuídas em direção a parte plataformal A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto..... 40

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Localização e profundidades dos poços modelados.....	19
---	----

## Sumário

Agradecimentos .....	vi
Resumo .....	vii
<i>Abstract</i> .....	viii
Lista de figuras .....	ix
Lista de tabelas .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Área de Estudo .....	2
2. MATERIAL E MÉTODO .....	3
3. CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA DE NEUQUÉN .....	4
3.1. Grupo Cuyo .....	5
4. MODELO GEOLÓGICO DA ÁREA .....	9
4.1 Modelos geológicos, possíveis análogos da sequência deposicional JC5.....	12
4.1.1. Plataforma costa afora a prodelta .....	12
4.1.2. Barra de desembocadura dominada por onda e praia .....	12
4.1.3. Barra de maré de plataforma a estuarina .....	13
4.1.4. Barra de desembocadura flúvio-dominada .....	13
4.1.5. Planície de maré .....	14
4.1.6. Planície deltaica inferior, pântano à baía interdistributária .....	15
4.1.7. Canal estuarino .....	16
4.1.8. Sistema fluvial .....	16
5. MODELO GEOLÓGICO 3D .....	18
5.1. Carregamento dos poços .....	18
5.2 Construção das superfícies .....	21
5.3. Geração do <i>grid</i> da sequência deposicional .....	28
5.4. Modelo dos elementos morfológicos .....	30
5.5. Modelo de fácies .....	37
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	41
7.Referências bibliográficas.....	45



Anexo I – Tabela dos atributos gerados nos elementos morfológicos e fácies sedimentar.

Anexo II – Síntese das associações dos elementos morfológicos e suas paleocorrentes.

Anexo III – Síntese das associações das fácies sedimentar.

Anexo IV – Modelagem das sequências deposicionais JC1, JC2, JC3, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5.

Anexo V – Seções estratigráfica 2D (N-S / E-W).

## 1. INTRODUÇÃO

As pesquisas em geociências tendem cada vez mais a envolver a construção de modelos geométricos tridimensionais, permitindo uma visualização simultânea e, conseqüentemente, uma interpretação integrada de diferentes elementos geológicos.

No contexto de modelagem aplicada à geologia, um dos modeladores geométricos mais utilizados e conhecidos é o Gocad®. O objetivo do Gocad® é desenvolver novos métodos de modelagem interativa da geometria e propriedades de objetos geológicos complexos, para aplicações em geologia, geofísica e engenharia de reservatórios, sendo possível destacar: Geologia do Petróleo (poços e modelagem de canais, lobos, barras, por exemplo), Geofísica Aplicada (interpretação de sísmica 3D para construção ou edição de superfícies, etc.), Modelagem de reservatórios (métodos geoestatísticos, manipulação de propriedades e computação volumétrica, etc.) e aplicação de minas (avaliação da geometria e propriedades de corpos complexos de minérios).

Deste modo, este trabalho tem por objetivo gerar um modelo deposicional 3D, dos depósitos sedimentares das Formações Los Molles e Lajas, Grupo Cuyo, Bacia de Neuquén, totalmente baseado em seções estratigráficas 2D da tese de doutorado de Carlos Alberto Zavala, 1993. Os dados foram modelados por meio do tratamento matemático de atributos mensuráveis e da realização de experimentos sobre o modelo numérico assim gerado, a partir do software Gocad.

Dentre as principais motivações para o estudo, destacam-se a possibilidade de integração direta dos perfis sedimentológicos (disponibilidade de dados de afloramentos) com a seção estratigráfica 2D interpretadas por Zavala, para a geração do modelo tridimensional, assim como, pela importância econômica da Bacia Neuquén, a qual correspondente a uma das bacias sedimentares mais estudadas na República Argentina.

## 1.1 Área de estudo

A região abordada no presente trabalho, localiza-se na porção SW da Bacia de Neuquén (AR), abrangendo uma área de 2.800 km<sup>2</sup>. Localiza-se a 30 km ao Sul da cidade de Zapala, capital da Província de Neuquén (Fig. 1).

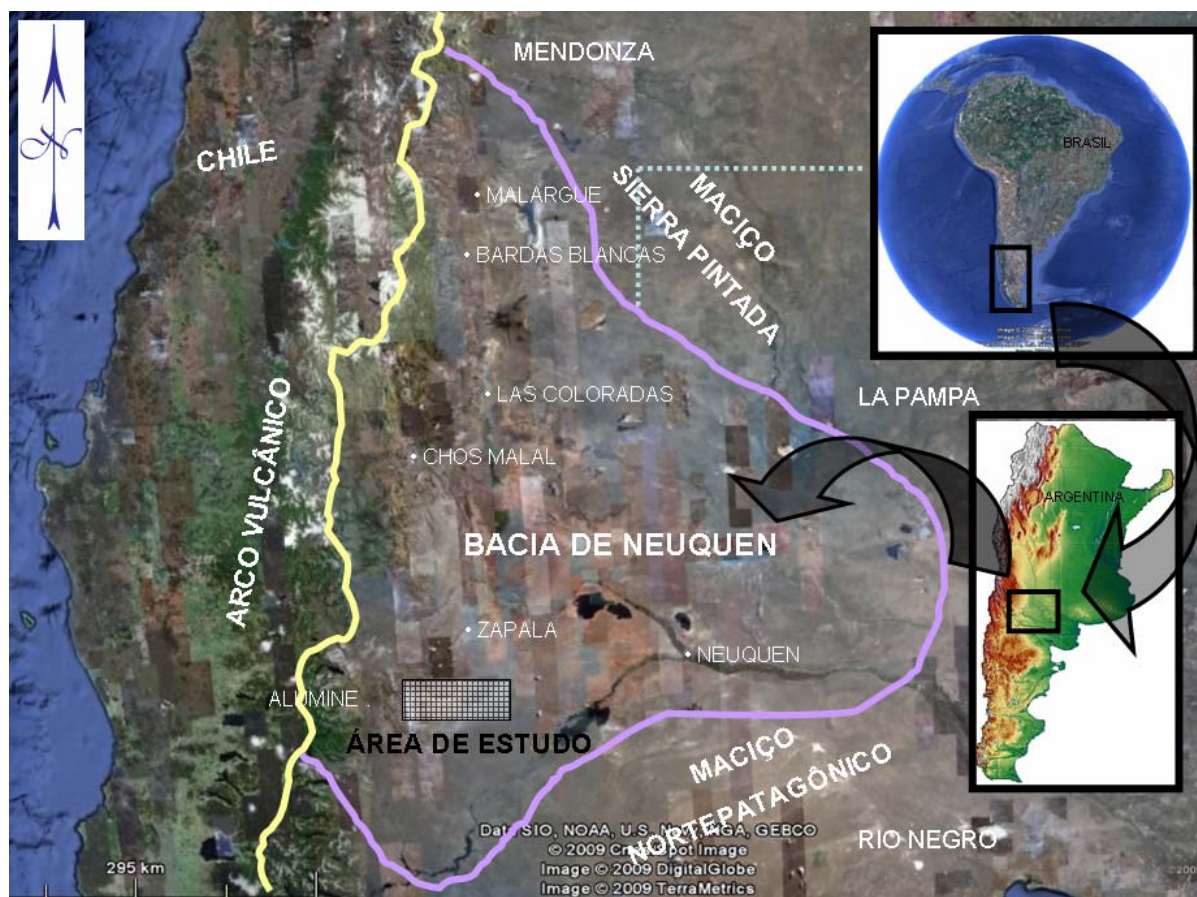


Figura 1 – Localização da Bacia de Neuquén e da área estudada (Google, 2009).

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Este estudo partiu das informações disponíveis no trabalho de doutorado de Carlos Alberto Zavala (1993). Os dados e informações contidas na tese foram utilizados, fielmente, como base para a geração do modelo geológico e estrutural (3D), objeto desta monografia.

O método aplicado no presente trabalho constituiu-se, basicamente, de 3 fases principais:

A primeira fase referiu-se ao reconhecimento e revisão dos dados. Esta etapa constou de levantamento bibliográfico da Bacia de Neuquén, principalmente na área trabalhada, mas acima de tudo de um estudo detalhado da tese de doutorado de Zavala (1993). Dentre as informações bibliográficas, fez-se necessária uma pesquisa teórica sobre os ambientes deposicionais caracterizados por Zavala, assim como imagens dos sistemas deposicionais atuais, através do Google Earth.

A etapa seguinte foi a de identificação e organização dos dados. Esta fase foi de tabulação dos dados da tese de Zavala (1993), onde foram identificadas e caracterizadas, a partir da leitura dos perfis sedimentológicos na escala 1:1000 e das seções estratigráficas 2D, as sequências deposicionais, os sistemas deposicionais, as associações de fácies, as fácies sedimentares e uma falha. Foi criada uma tabela no programa *excel* para cada perfil sedimentológico, constando a localização dos perfis (UTM), profundidade de topo e base das camadas, referente (Tabela I), granulometria e ambiente deposicional (Anexo I). Para cada ambiente deposicional e cada granulometria foram atribuídos valores numéricos, uma vez que o modelo gerado no *Gocad®* é feito por meio do tratamento matemático.

A terceira etapa constou da geração do modelo geológico tridimensional, propriamente dito, cujo detalhe da geração do mesmo é apresentado no Capítulo 5.

O modelo 3D foi elaborado com o auxílio do *software Gocad®* (versão 2.5.1), o qual se encontra instalado na Petrobrás (Cenpes-RJ), com licenciamento dado pela empresa *Paradigm*. O *plugin Object Modeling (Gocad® -versão 2.5.1)*, foi utilizado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), que atualmente apresenta um projeto em conjunto com a Petrobrás na área estudada.

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO

A bacia de Neuquén localiza-se na porção centro-oeste da Argentina e a leste do Chile entre as latitudes de 34° e 41°S. Na Argentina abrange parte das províncias de Neuquén (originando assim seu nome), Mendoza, Río Negro e La Pampa (Gulisano, 1994). Estende-se em direção a norte, ao longo do eixo da Cordilheira Andina, até 31°S (Província de San Juan, acima de Mendoza), onde é conhecida como bacia do Aconcagua. Entre as latitudes de 34° e 37° S encontra-se restrita ao cinturão cordilherano, na forma de um cinturão alongado no sentido N-S. A sul da latitude 37° S a bacia se amplia em direção a leste, por sobre domínios extra-andinos, quando então passa a ser conhecida como o embaçamento de Neuquén. Limitada geologicamente por dois grandes blocos cratônicos, o Maciço Pampeano - Bloco San Rafael ou Sierra Pintada, a NE e o Maciço Patagônico, a SE (Fig. 1). O limite oeste se confirmaria uma estrutura vulcânica de orientação NNO-SSE (Digregorio *et. al.*, 1984).

A bacia é subdividida em mesossequências, de grupos na ordem de vinte milhões de anos, aproximadamente, cada um, sendo eles: Pré-Cuyo (Triássico Superior) e Cuyo (Jurássico médio-superior); Lotena (Jurássico médio-superior); Mendoza Inferior (Jurássico Superior - Cretáceo Inferior); Mendoza Médio (Cretáceo Inferior); Mendoza Superior (Cretáceo Inferior); Huitrín (Aptiano) e Rayoso (Albiano - Canomaniano médio), Neuquén (Cretáceo médio-superior) e o mais jovem o Grupo Malargue (Cretáceo superior- Cenozóico inferior) (Legarreta & Uliana, 1991).

A história evolutiva tectônica da bacia de Neuquén foi pontuada a partir do colapsamento e rifteamento de orogenias permo-Triássicas e da progressiva convergência entre a Placa de Nazca e a litosfera sul-americana, representando o limite sul de uma série de bacias marinhas desenvolvidas ao longo da margem ocidental do Gondwana, que inclui os eventos ocorridos do Paleozóico Superior até o Triássico Médio, anteriores à formação da bacia, no Mesozóico (Zavala, 1993). Durante o Neo-Triássico, o centro-oeste argentino e leste chileno estiveram submetidos a processos tectônicos extensionais relacionados a um sistema de arco/fossa ao longo da margem oeste da Placa Sul-Americana (Legarreta & Uliana 1991; Gulisano & Gutiérrez Pleimling, 1994), sendo assim, uma série de depressões limitadas por falhas (*hemi-grabens*) começou a se formar durante esse processo de *rifting*. Durante o intervalo da fase *sag*, havia iniciado a subducção na borda oeste do

Gondwana (Gomez-Omil *et al.*, 2005), ocasionando os primeiros movimentos compressoriais. Entre os episódios mais significativos, está o responsável pela formação da Dorsal de Huincul (localizada em parte na área de estudo), sendo uma falha transcorrente de direção leste-oeste encontrando-se no bordo sul da Bacia de Neuquén e originária de esforços tensionais, ocasionados pela fragmentação do Gondwana e abertura do Oceano Atlântico (Vergani *et al.*, 1995).

Influenciadas pelas variações eustáticas, ocorreram uma série de transgressões e regressões, antes que o progressivo crescimento da Cordilheira Andina isolasse definitivamente a influência oceânica (Legarreta e Gulisano, 1989). A acreção de esforços na Cordilheira Andina (a partir do Mioceno) torna a história evolutiva da bacia ainda mais complexa.

A sedimentação apresenta um pouco mais de duzentos e vinte milhões de anos de subsidência desde o Mesozóico, subsidência essa que foi responsável pela acumulação de mais de 7000m de sedimentos (Zavala, 2005), compreendendo rochas siliciclásticas, carbonáticas, evaporíticas, piroclásticas e vulcânicas, cujas idades variam do final do Triássico Tardio até o Terciário (Zavala, 1993).

### **3.1 Grupo Cuyo**

O termo Cuyano foi identificado e introduzido por Groeber em 1920 (*apud* Zavala, 1993), o qual identificou a seção inferior do Jurássico Andino, mas foi somente após o trabalho de Dellapé *et al.* (1978), que o termo Grupo Cuyo foi utilizado com frequência e então relacionado ao pacote depositado entre as discordâncias Rioatuélica (Intraliássica) e Lotênica (Intracaloviana). No sul da bacia, o Grupo Cuyo estende-se do Pliensbachiano até o Caloviano inferior (Fig. 2).

O Grupo Cuyo corresponde a uma hierarquia de unidades litoestratigráficas, sendo estas, limitadas por descontinuidades dos depósitos do Grupo Cuyo designados como: Subsistema Cuyo (Riccardi e Gulisano, 1990), Mesossistema Cuyo (Legarreta e Gulisano, 1989), integrados se classificam pelo menos sete dessas sequências deposicionais denominadas de Miossistemas, por Zavala (1993).

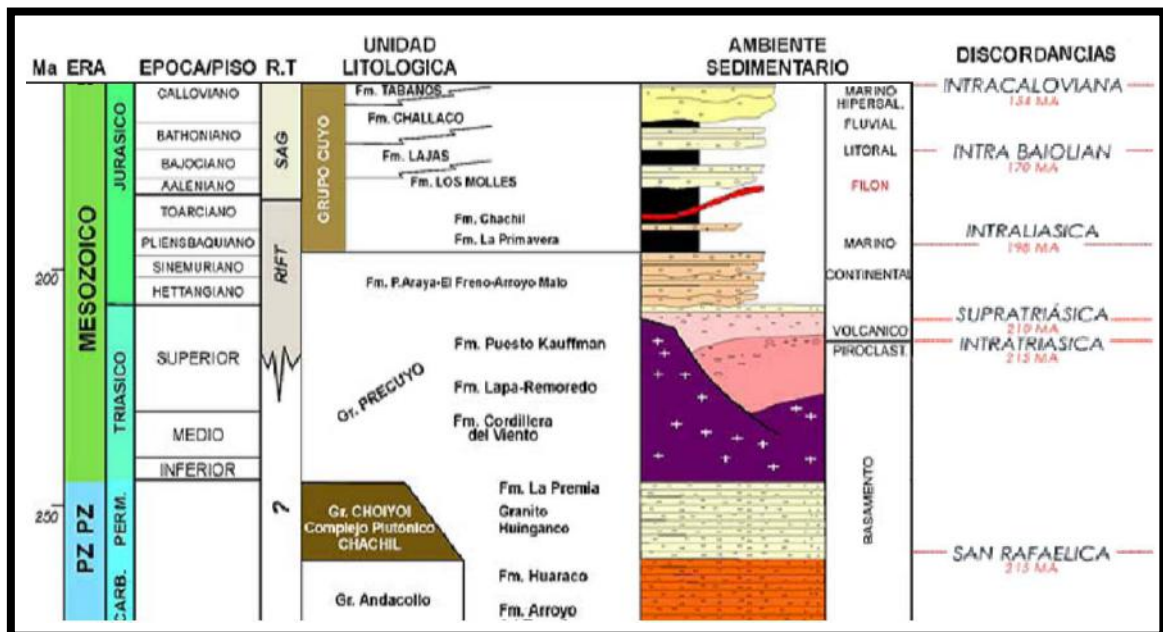


Figura 2 – Coluna Estratigráfica do Grupo Cuyo (modificado de Vergani e Hinterwimmer, 1986)

As unidades litoestratigráficas pertencentes a esse intervalo e referenciáveis ao Grupo Cuyo no sul da bacia incluem as formações Chachil (Weaver 1942, *apud* Zavala, 1993), Sierra Chacaico (Volkheimer, 1973, *apud* Zavala, 1993), Los Molles (Weaver, 1942, *apud* Zavala, 1993), Lajas (Weaver, 1942, *apud* Zavala, 1993), Tábanos (Stipanovic, 1966, *apud* Zavala, 1993) e Challacó (de Ferraris, 1947, *apud* Zavala, 1993). Com respeito às áreas de estudo as unidades mais importantes são as Fms. Los Molles e Lajas.

Em termos de história depocisional, o Grupo Cuyo, apresentava seus *riffts* isolados, confinados aos depocentros Triássicos (Fig. 3A). Localmente, ocorrem depósitos lacustres na base do empilhamento sedimentar, associados a um ambiente vulcânico (Fig 3B). A partir do Toarciano, paliativamente vão sendo invadidos pelas águas oceânicas, atinge a Fm. Los Molles da bacia em sua maior transgressão, juntamente as falhas normais começam a apresentar um gradativo arrefecimento, ocasionando assim, a fusão dos depocentros triássicos e a peneplanização do relevo pela supressão dos altos estruturais internos (Fig. 3C). Do Aaleniano ao Caloviano, a bacia passa a ficar bem estabelecida e programam sistemas fluviais e deltaicos da Fm. Lajas, inicialmente na forma de uma regressão normal (Fig. 4A), evoluindo para uma forçada regressão (Fig. 4B) e o começo de um ressecamento da bacia até a deposição de depósitos evaporíticos da Fm. Tábanos (Fig. 4C) (Legaretta e Uliana, 1991).

Paleogeograficamente, estes depósitos correspondem à borda austral da bacia, onde as fácies de águas mais profundas estão predominantes ao Norte, e as



fácies litorais, continentais localizadas para o Sul, sendo a principal direção de progradação para o Norte (Zavala, 1993).

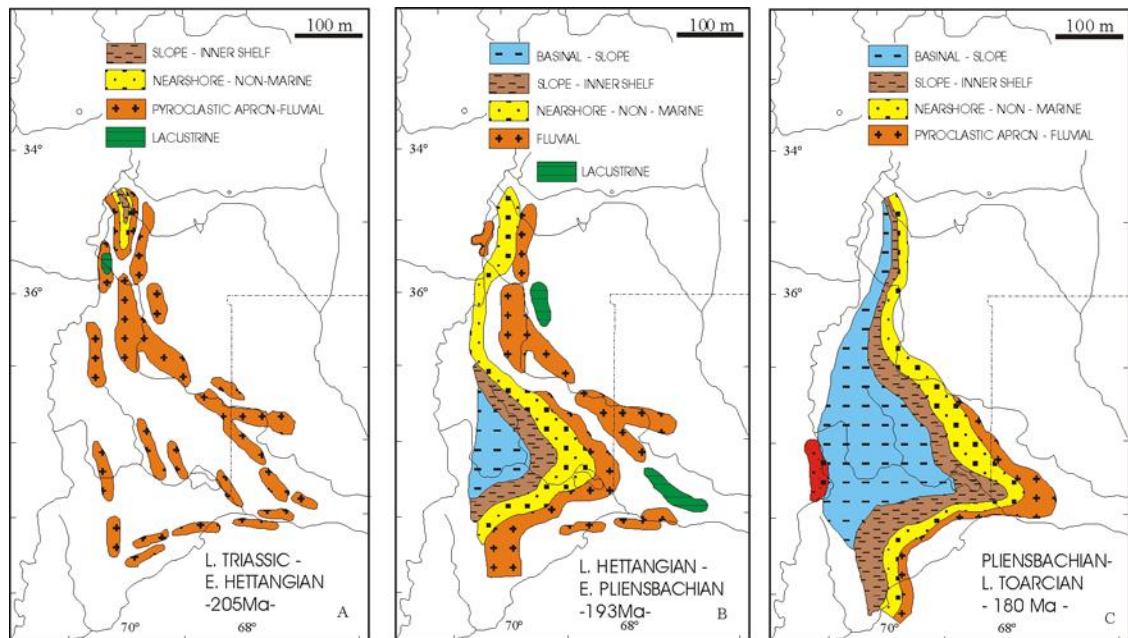


Figura 3 – (A/B/C) Evolução paleogeográfica inicial do Grupo Cuyo (Legaretta e Uliana, 1991)

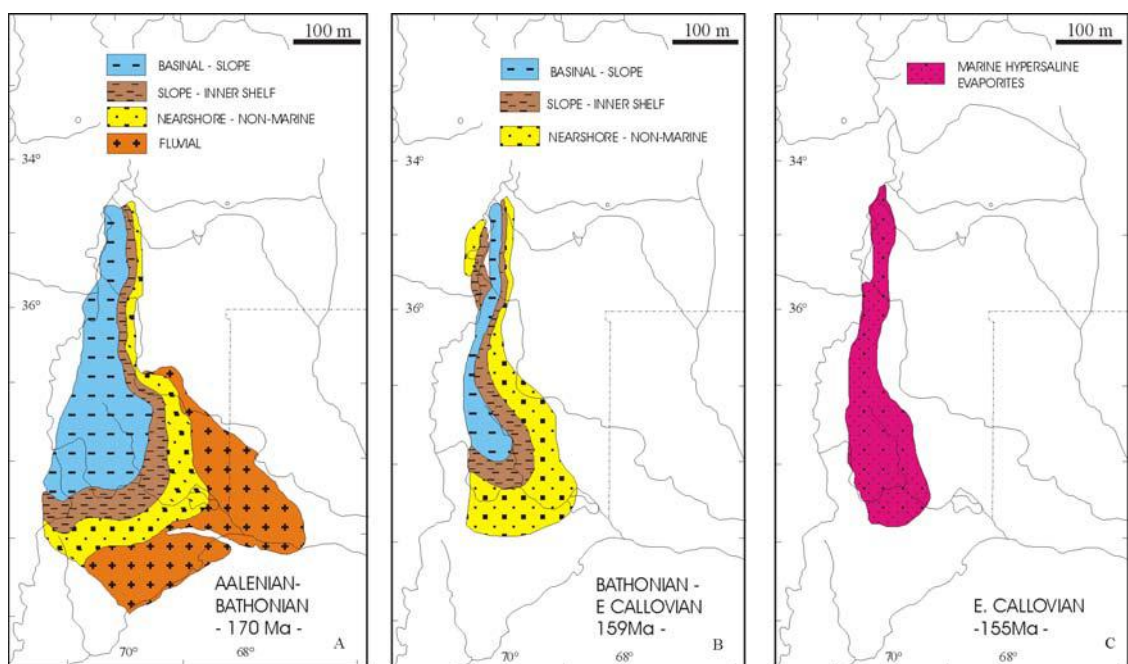


Figura 4 – (A/B/C) Evolução paleogeográfica final do Grupo Cuyo (Legaretta e Uliana, 1991)

A região estudada está compreendida entre as discontinuidades Intraliásica e Lotênica, localizada na seção superior da Fm. Los Molles e a Fm. Lajas.

Litologicamente, a Fm. Los Molles é constituída predominantemente por pelitos e, subordinadamente, arenitos, siltitos, calcáreos e margas. Em termos paleoambientais, registra a sedimentação de um sistema turbidítico. A Fm. Lajas é



composta predominantemente por arenito, com intercalações de coquina, siltito, folhelho, tufito e pelito carbonoso. Os paleoambientes associados à formação iniciam com fácies marinhas a litorâneas, aos quais se seguem depósitos relacionados ao processo de continentalização com deltas (no flanco norte da anticlinal de Picún Leufú). Estratigraficamente acima, mediante a um contato planar, é coberto por pelitos da Fm. Challacó (Zavala,1993).

#### 4. MODELO GEOLÓGICO DA ÁREA

Como dito anteriormente, o modelo geológico e estrutural tridimensional da área, partiu dos dados e interpretações disponíveis que constam na tese de doutorado de Carlos Alberto Zavala (1993). Segue abaixo um breve resumo do referido trabalho.

Foram analisados a estratigrafia e os paleoambientes deposicionais da Formação Lajas (Jurássico Médio), a partir do estudo dos afloramentos desta unidade, localizada a sudoeste de Neuquén, e relacionado à Dorsal Charahuilla-Plottier. A partir do levantamento de 11 seções estratigráficas de detalhe foi possível a análise de fácies sedimentares e posteriormente uma análise estratigráfica e estratigráfica sequencial destes depósitos, os quais permitiram diferenciar 19 fácies sedimentares e 13 associações de fácies, correspondendo aos seguintes ambientes deposicionais: 1) Plataforma costa fora a prodelta; 2) Barra de desembocadura dominada por onda e praia; 3) Barra de maré de plataforma a estuarina; 4) Barra de desembocadura de “*braid* deltas”; 5) Barra de desembocadura fluvio-dominada; 6) Planície de maré; 7) Planície deltáica inferior, pântano a baía interdistributária; 8) Canal estuariano; 9) Sistema Fluvial Meandrante; 10) Sistema fluvial entrelaçado arenoso; 11) Sistema fluvial anastomosado; 12) Sistema fluvial entrelaçado grosso; 13) Barra.

Através das análises estratigráficas sequenciais das seções, foram discriminados quatro sequências de terceira ordem (Vail *et al.*, 1977), que são denominadas JC4, JC5, JC6 e JC7 (Fig 5). A sequência JC4 (Toarciano superior – Bajociano inferior alto) é reconhecida e integrada por cinco sequências deposicionais de menor ordem, denominadas: JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5 (Fig 6). A sequência JC4.1 é a mais extensa e corresponde principalmente à Fm Los Molles, enquanto as demais sequências pertencem à Fm. Lajas (Fig. 6). As sequências JC4.3, JC4.4 e JC4.5 são reconhecidas somente no setor ocidental da área de trabalho, devido a problemas tectosedimentares que se detalham mais à frente. A sequência JC5 (Bajociano inferior a superior) mostra uma ampla distribuição na área de trabalho, correspondendo à parte média e superior da Fm. Lajas (Fig. 6). A partir do estudo de determinados tipos de amonitas, permitiu-se datar bioestratigraficamente, pela primeira vez, a Fm. Lajas nesta região. As sequências JC6 (Bajociano Superior - Bathoniano Inferior) e JC7 (Bathoniano Inferior a

Superior) constituem-se por fácies da própria Formação Challacó. A sequência deposicional JC6 é a que apresenta a maior distribuição regional.

Optou-se pela modelagem completa dos elementos morfológicos e da fácies sedimentares identificadas na sequência deposicional JC5, por esta apresentar, em termos de área, uma maior exposição de sedimentos da Fm Lajas. Nas demais sequências deposicionais (JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5), foi feita apenas a modelagem simplificada das fácies, em virtude dos dados disponíveis serem insuficientes para uma simulação geoestatística completa.

Cabe ressaltar que as sequências deposicionais JC1, JC2, JC3, e o topo da JC4.1, do perfil Charahuilla (CH02), foram extraídas do trabalho de Gulisano e Pleimling (1994). A interpretação das sequências deposicionais e associações de fácies de Gulisano e Pleimling (1994), foram correlacionadas com as interpretações de Zavala (1993). Este acréscimo foi feito em virtude de Zavala (1993) não ter trabalhado nestas sequências.

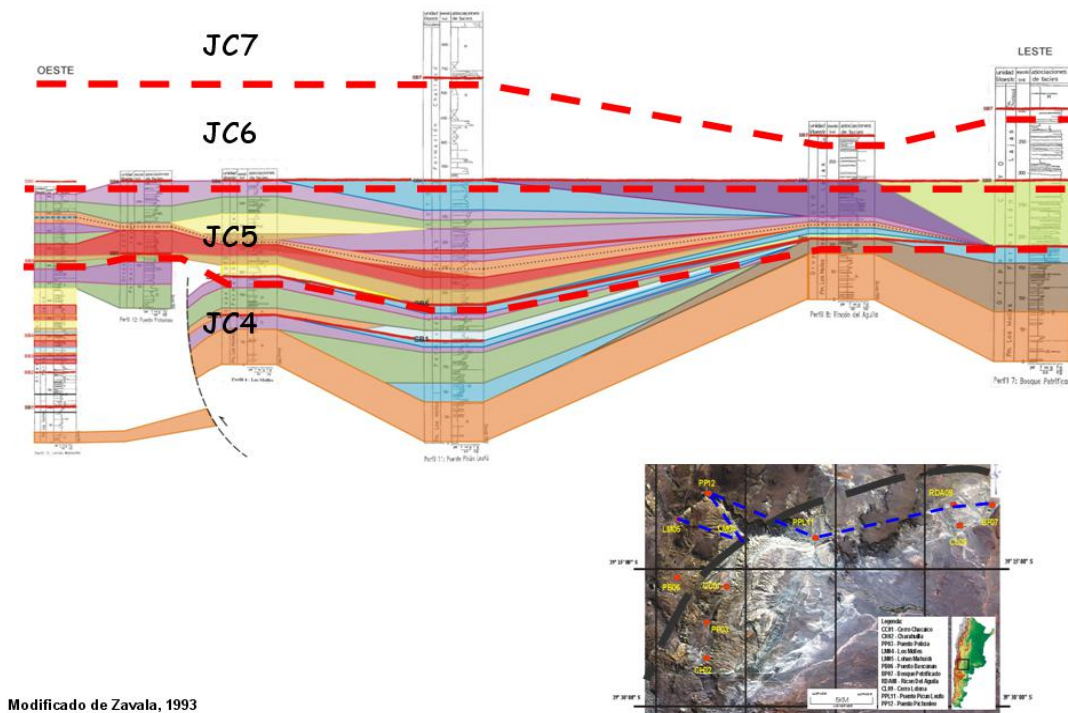


Figura 5- Visualização das quatro sequências de terceira ordem (Vail *et al.*, 1977), que são denominadas JC4, JC5, JC6 e JC7, identificadas por Zavala, 1993.

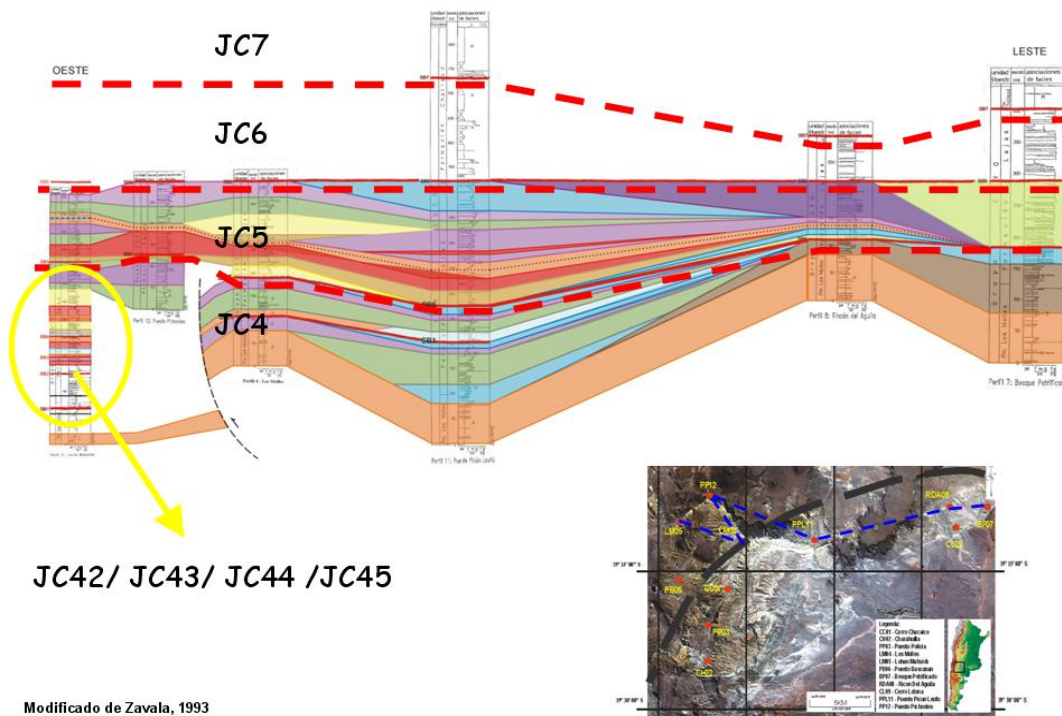


Figura 6 – Visualização das cinco sequências de menor ordem identificadas por Zavala (1993), dentro da sequência JC4, subdividida em JC4.1, J.C4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5 (círculo amarelo).

#### **4.1. MODELOS GEOLÓGICOS, POSSÍVEIS ANÁLOGOS AOS DA SEQUÊNCIA DEPOSICIONAL JC5**

A sequência deposicional JC5, por apresentar em termos de área uma maior exposição dos sedimentos da Formação Lajas, foi escolhida para a modelagem tridimensional das associações de fácies e fácies sedimentares proposta por Zavala (1993). Apresenta uma espessura mínima de 103 metros (perfil 8 -Ricon Del Aguila) e máxima de 467 metros (perfil 9 - Cerro Lotena).

Abaixo segue um resumo das associações de fácies e fácies sedimentares detalhadas no trabalho pelo autor acima citado e exemplos de possíveis análogos da sequência deposicional JC5.

##### **4.1.1. Plataforma costa fora a prodelta**

Neste elemento morfológico, foram identificadas duas fácies sedimentares, constituídas por oitenta por cento de argilito e vinte por cento de arenito fino. A geometria das camadas identificadas pelo autor foi tabular. Dados estes que foram utilizados na modelagem.

##### **4.1.2. Barra de desembocadura dominada por onda e praia**

Este elemento barra de desembocadura dominado por onda e praia (Fig. 7) apresenta cinco fácies, sendo, quinze por cento de argilito e siltito; trinta por cento de arenito fino e arenito médio e dez por cento de arenito grosso. Apresenta camadas com geometria tabular. Dados estes que foram utilizados na modelagem.

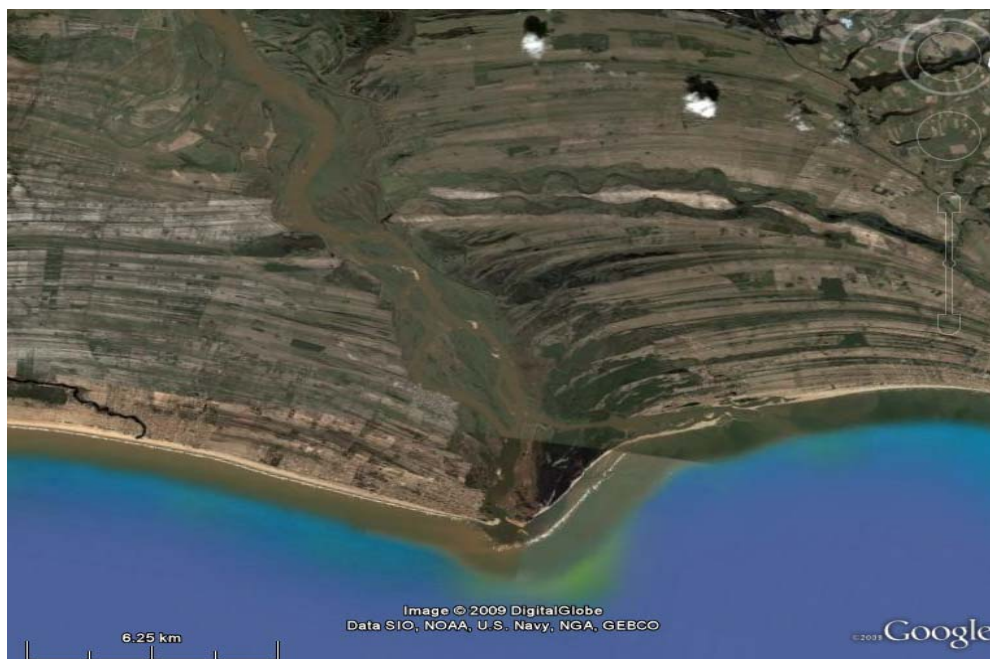


Figura 7 – Análogo do elemento morfológico barra de desembocadura dominada por onda e praia, modelado na área. (Google Earth, 2009).

#### 4.1.3 Barra de maré de plataforma a estuarina

Para as barras de maré, foram identificadas também cinco fácies, constituídas de vinte e cinco por cento de argilito; quinze por cento de siltito e arenito fino; trinta e cinco por cento de arenito médio e dez por cento de arenito grosso. Este elemento apresenta camadas de geometria tabular nas fácies de argilito, siltito e arenito fino; os arenitos médios apresentam camadas com geometria tabular a irregular, enquanto que o arenito grosso apresenta camadas com geometria irregular, identificadas pelo autor. Devido ao fato de não estarem bem esclarecidas do que se tratam essas irregularidades, na modelagem tridimensional utilizou-se somente a geometria regular.

#### 4.1.4 Barra de desembocadura flúvio-dominado

As fácies identificadas nas barras de desembocadura flúvio-dominado (Fig. 8), somam-se em cinco fácies distintas, constando, vinte e cinco por cento de argilito; dez por cento de siltito; cinco por cento de arenito fino; trinta por cento de arenito médio e grosso. Suas geometrias estão distribuídas de forma que as camadas de argilito, siltitio e arenito fino são ditas de geometria tabular, a camada de arenito

médio com geometria tabular a irregular e o arenito grosso com geometria irregular. Devido ao fato de não estarem bem esclarecidas do que se tratam essas irregularidades, na modelagem tridimensional utilizou-se somente a geometria regular.

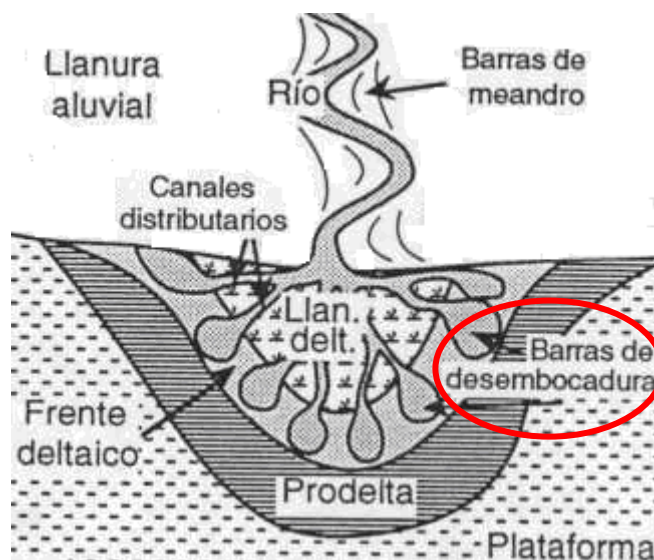


Figura 8 – A área circulada de vermelho representando ilustrativamente a barra de desembocadura flúvio-dominado. Geometricamente a barra de desembocadura não é representativa da sequência JC5, mas serve para mostrar a distribuição granulométrica dos arenitos médios e grossos estão na região mais proximal (parte fluvial de alta energia) e os finos concentrados na região mais externa, praial (Jaillard, ORSTOM, 1993).

#### 4.1.5 Planície de maré

O elemento morfológico identificado como planície de maré (Fig. 9) é composto por vinte por cento de argilito e siltito; vinte e cinco por cento de arenito fino; trinta por cento de arenito médio e cinco por cento de arenito muito grosso. Suas camadas são de geometria tabular de argilito à arenito fino e o restante de camadas com geometria irregular. Devido ao fato de não estarem bem esclarecidas do que se tratam essas irregularidades, na modelagem tridimensional utilizou-se somente a geometria regular.



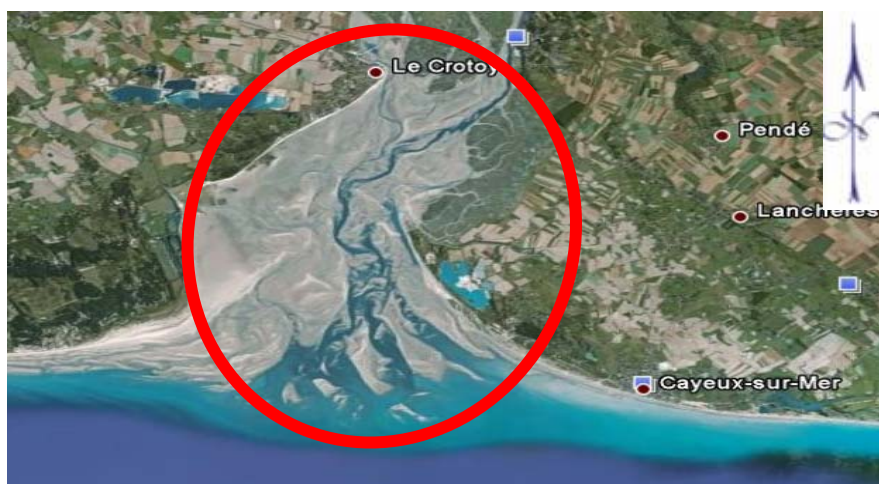


Figura 9 – Imagem ilustrativa de um canal estuarino com a planície de maré (Costa da França). Esta imagem representa bem a distribuição das fácies, onde a concentração de finos e médios encontra-se na plataforma e as regiões onde se concentram as fácies mais grossas estão em direção ao continente (Google Earth, 2009).

#### 4.1.6 Planície deltaica inferior, pântano à baía interdistributária

As planícies deltaicas inferiores, pântano a baía interdistributária (Fig. 10) apresentam fácies de argilito e siltito, na ordem de vinte e cinco por cento; quarenta e cinco por cento de arenito fino e cinco por cento de arenito médio. Suas geometrias são tabulares.



Figura 10 – Imagem ilustrativa de uma planície deltaica inferior, pântano à baía interdistributária (costa da África do Sul). Este elemento morfológico não representa fielmente o modelo tridimensional gerado quanto suas formas geométricas, mas é bastante representativo em suas fácies sedimentares se comparado ao modelo, onde a concentração de finos e arenitos finos é localizada na região mais interna do estuário, mostrando uma região de baixa energia (Google Earth, 2009).



#### 4.1.7. Canais estuarinos

Os elementos morfológicos de canais estuarinos (Fig. 11) são construídos por quarenta por cento de arenito médio e sessenta por cento de arenito muito grosso. As geometrias descritas são tabulares.

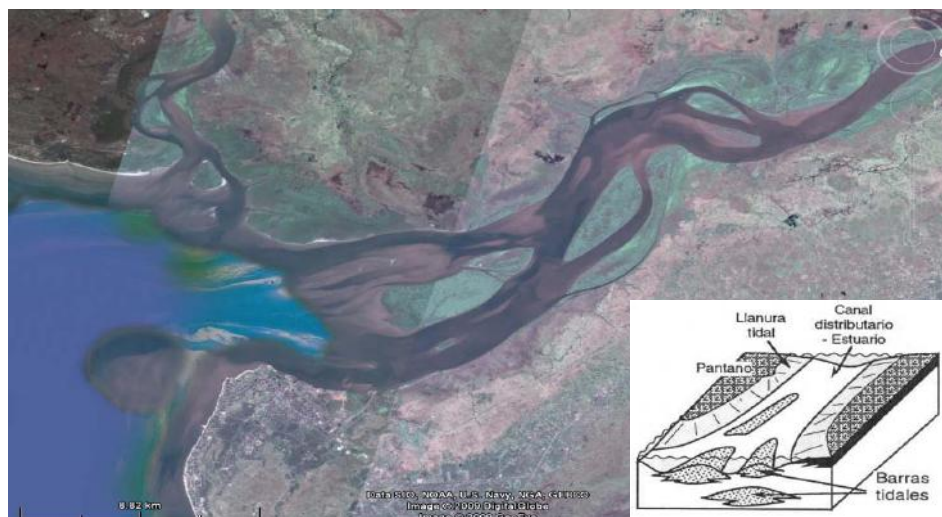


Figura 11 – Imagem ilustrativa de canal estuarino (costa da África do Sul), o qual apresenta formas parecidas com as modeladas (demonstrada na figura 32), (Google Earth, 2009).

#### 4.1.8. Sistema Fluvial

A fim de se chegar num melhor modelo tridimensional de tal elemento morfológico fez-se necessário a junção de dois sistemas fluviais distintos, denominado pelo autor como: Sistema fluvial meandrante e Sistema fluvial entrelaçado grosso (Fig. 12), para apenas um elemento morfológico, aqui denominado como Sistema Fluvial. O Sistema fluvial meandrante ocorre apenas em um dos doze perfis e sua espessura e largura, diante do outro sistema fluvial entrelaçado, pode ser considerada pequena. De modo que não estaria interferindo na modelagem, nem nas interpretações da tese de Zavala (1993).

O sistema fluvial aqui denominado apresenta cinco fácies, dentre elas: arenito muito fino, arenito muito grosso e seixo com dez por cento cada um; vinte por cento de arenito médio e cinquenta por cento de grânulo. Suas geometrias são distintas, variando de tabular, irregular a lenticular. Devido ao fato de não estarem bem

esclarecidas do que se trata essas irregularidades, na modelagem tridimensional utilizou-se somente a geometria regular.

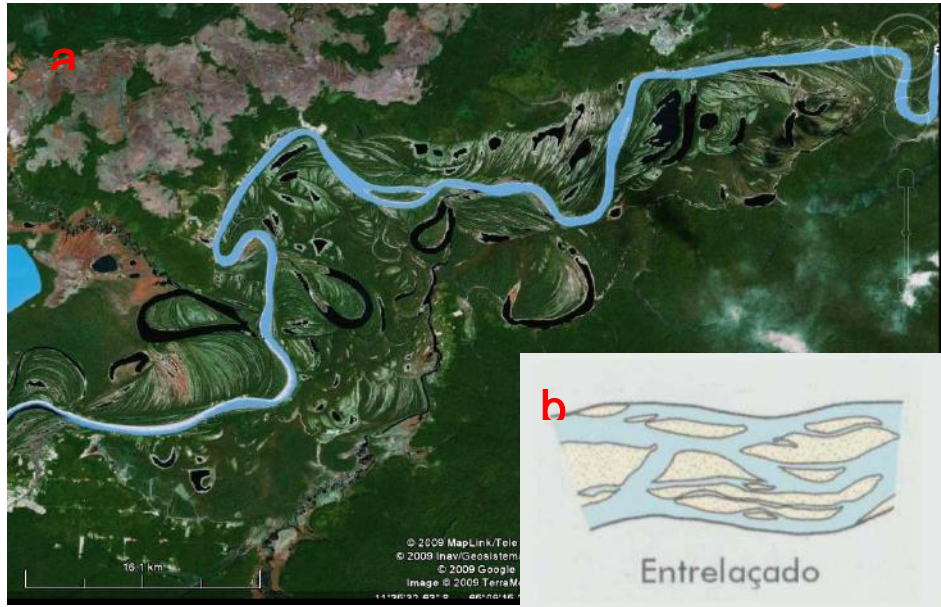


Figura 12 – (a) Imagem ilustrativa de sistema fluvial meandrante (Rio Guajará-Mirim, Rondônia, Brasil); (b) Imagem ilustrativa do sistema fluvial entrelaçado (Google Earth, 2009). Tanto (a) como (b) demonstram canais que se assemelham ao canal modelado.

## 5. MODELO GEOLÓGICO 3D

Uma das técnicas mais difundidas de representação de dados geológicos e estruturais tridimensionais baseia-se na construção de superfícies poligonais fechadas, que delimitam corpos geológicos (limite das sequências deposicionais) ou que representam planos tectônicos (falhas). Para criar estas superfícies, este trabalho utilizou o programa *Gocad®*, a qual foi comentada anteriormente.

Analizados os dados e interpretações da tese de Zavala (1993), partiu-se então para o modelo geológico tridimensional, objetivo e tema principal desta monografia.

Os ambientes deposicionais ou associações de fácies descritos por Zavala (1993), neste trabalho de modelagem, foram denominados de elementos morfológicos.

Todas as informações da tese, pertinentes para o modelo geológico tridimensional, foram colocadas em uma tabela no programa Excel, desde coordenadas UTM de cada perfil (denominados aqui de poços) metragem (topo e base), sequências deposicionais, associações de fácies, fácies, direção de paleocorrentes, geometria das camadas, dos conjuntos de camadas, dados de falhas, enfim, toda e qualquer informação necessária para o carregamento no *Gocad* e importantes para a geração dos ambientes deposicionais (Anexos I, II e III).

Para cada sequência, determinaram-se códigos alfabéticos para efeito de controle e de códigos numéricos para a modelagem, tanto para os elementos quanto para as fácies sedimentares (Anexo I).

A seguir, serão descritas as etapas desenvolvidas no processo de modelagem (item 2 “Identificação e construção dos dados”, do capítulo Material e Método).

### 5.1 Carregamento dos poços

Para a construção inicial dos poços, utilizou-se a localização dos perfis (UTM), aqui tratados como poços, os quais foram importados para uma *column base file* de extensão txt e inseridos como pontos (X,Y,Z), gerando, então, a localização espacial dos poços. Neste mesmo arquivo inseriu-se os dados de profundidade dos poços referidos (Tabela 1).

Tabela 1 – Localização em UTM (X e Y) e profundidades em metros (Z) dos poços modelados.

<b>POÇOS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>PROF. (m)</b>
CC01	5650901,7	387874	425
CH02	5636025,9	382825,9	510
PP03	5642503,8	382967,6	403
LM04	5658944,5	389677,7	403
LM05	5663698,9	377608,6	708
PB06	5651344,5	376363,7	294
BP07	5666981,1	453189,3	306
RDA08	5667221	442864,7	216
CL09	5661370,7	443866,9	564
PPL11	5659193,8	409056,5	523
PP12	5669321,5	382325,2	291

Após a localização espacial dos poços, utilizou-se um novo arquivo, *column base*, para carregar os chamados *markers* (marcadores) nos poços (Fig. 13). Esses marcadores para o programa, nada mais são que os limites das sequências deposicionais identificadas em profundidade, denominadas aqui de: Datum\_JC6; SIM\_JC5; BASE\_JC5; BASE\_JC4.5; BASE\_JC4.4; BASE\_JC4.3; BASE\_JC4.2; BASE\_JC4.1; BASE\_JC3; BASE\_JC2; BASE\_JC1; BASE\_PREC.

Vale aqui esclarecer, como o próprio nome já denuncia que o *marker*, Datum\_JC6 é a base da sequência deposicional JC6 (Fm. Challacó) e serviu também como *datum* para o modelo gerado (Fig. 14).

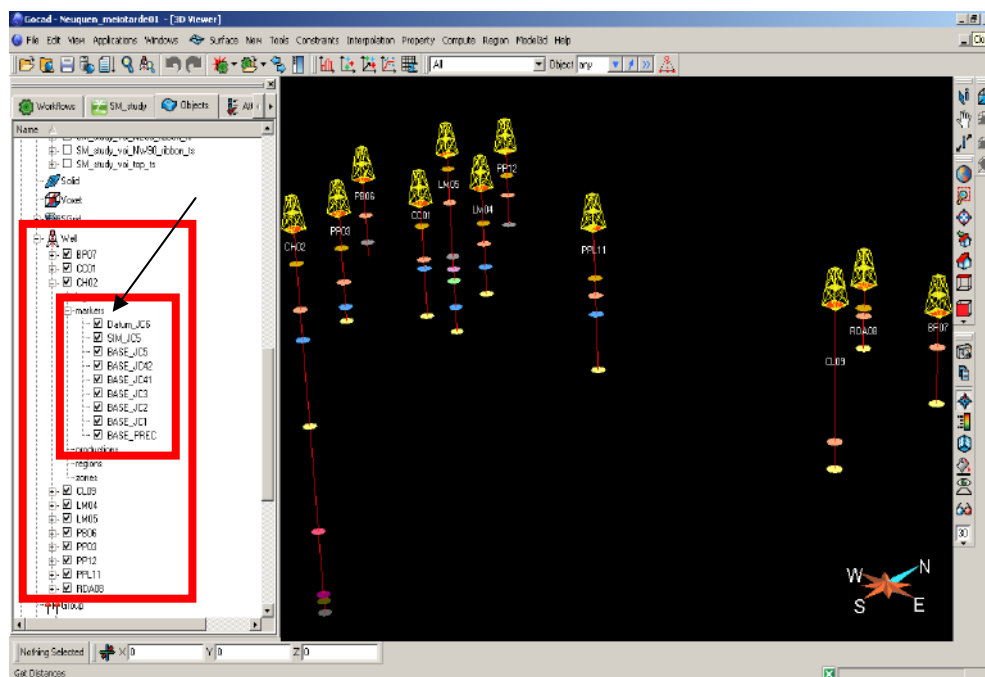


Figura 13 – À esquerda da figura é demonstrada a localização no programa dos poços e um exemplo dos *markers* “ligados” de um poço. À direita a localização espacial dos poços e os seus respectivos *markers*.

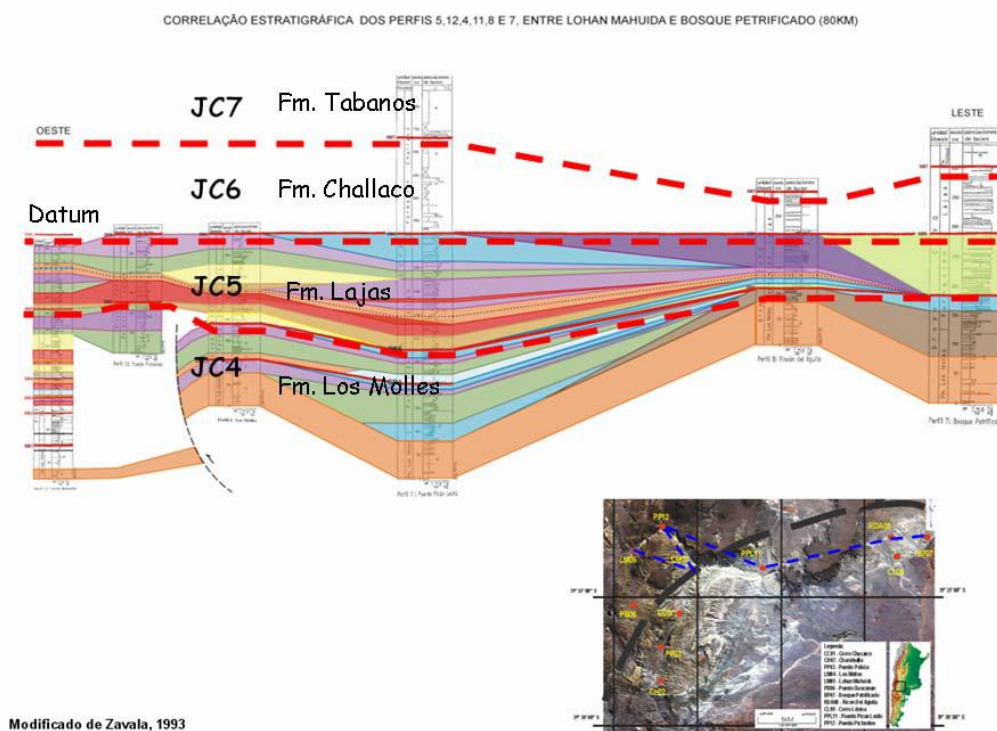


Figura 14 – Localização do Datum na seção estratigráfica O-W, denominado por Zavala, 1993, como a base da sequência deposicional JC6 (Fm. Challaco).

A seguir criou-se uma tabela dentro do programa *Gocad®*, chamada *stratigraphic column* (Fig. 15), onde são especificados ao programa os nomes, onde

estão localizados e os contatos dos empilhamentos estratigráficos com relação às sequências deposicionais utilizadas. Esta coluna será utilizada como base para a construção de todas as superfícies que serão modeladas. Na sequência JC5, foi verificada a presença de uma superfície de inundação máxima (SIM\_JC5), a qual se encontra subdividida na *stratigraphic column* por: SEQ\_JC5\_HST (trato de sistema de mar alto) e SEQ\_JC5\_TST (trato de sistema transgressivo) dentro de SEQ\_JC5.

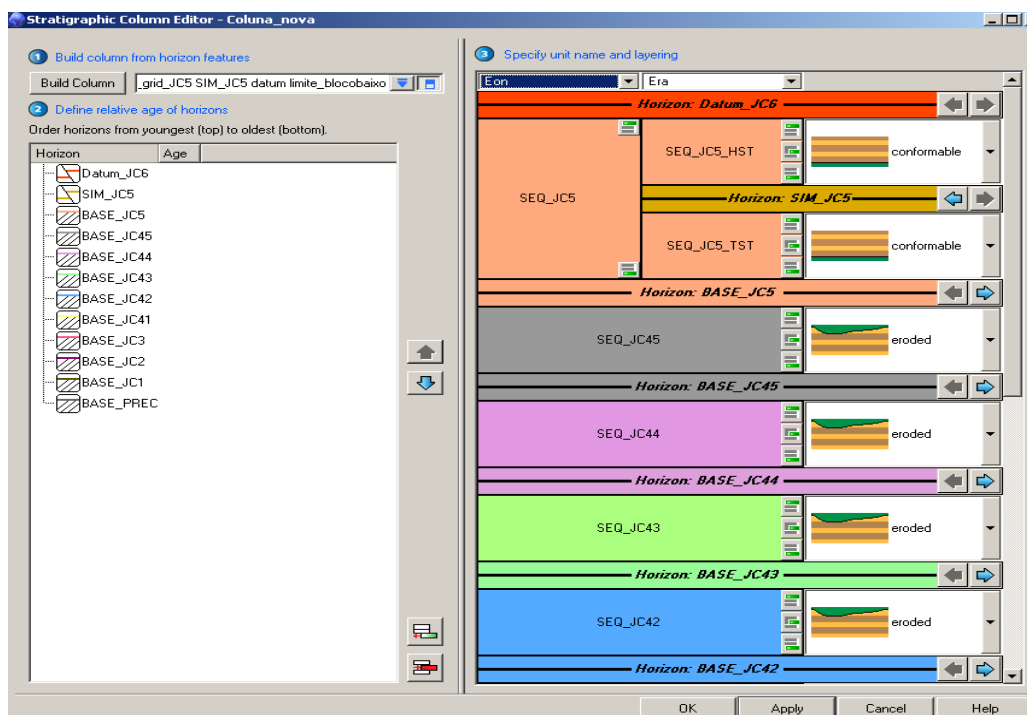


Figura 15 – Uma parte da coluna estratigráfica criada no programa, onde é especificado o contato dos empilhamentos estratigráficos com relação à todas sequências deposicionais modeladas. Na sequência deposicional JC5, subdividiu-se a sequência em duas partes, sendo a superior a SEQ\_JC5\_HST (a qual refere-se ao trato de sistema de mar alto) e na parte inferior SEQ\_JC5\_TST (a qual refere-se ao trato de sistema transgressivo).

## 5.2. Construção das superfícies

Nesta etapa, são geradas superfícies (*surfaces*) empregando um método estocástico gaussiano estacionário, através do estudo detalhado dos chamados *Workflows*. Dentro do módulo *Structural Modeling*, inicia-se o processo de construção das superfícies desejadas, onde são propostos ao programa os horizontes (superfícies) dos quais deseja-se construir, e que irão respeitar/associar a delimitação dos *markers* gerados com relação aos poços. São associados também à coluna estratigráfica feita e cria-se o volume de interesse, a partir de um polígono

fechado, ou seja, cria-se a região total pela qual se deseja que as superfícies sejam construídas (Fig. 16).

É nesta etapa também que as falhas são construídas. Neste caso, para a modelagem da falha, utilizou-se dados das seções estratigráficas N-S; O-W, dados de autores (Omil, Schmithalter, Cangini, Albarino, Corsi, 2002), informações verbais da equipe pesquisadora da Unisinos, os quais trabalharam na região e apresentaram maiores detalhes sobre a falha aqui gerada.

O desenho da falha partiu de uma ferramenta chamada *curve*, a qual foi desenhada por cima do volume de interesse e associada ao topo e a base do dito volume, cria-se assim, a superfície desejada. Como a falha neste caso ocorre apenas na base da sequência JC5, após esta associação de *curves*, foi dito ao programa, em qual profundidade e a qual *marker* deveria ser iniciado e finalizado a falha (Fig. 17). Nesta etapa da modelagem, o rejeito da falha não será desenhado, pois será somente executado após a geração das bases das seqüências deposicionais.

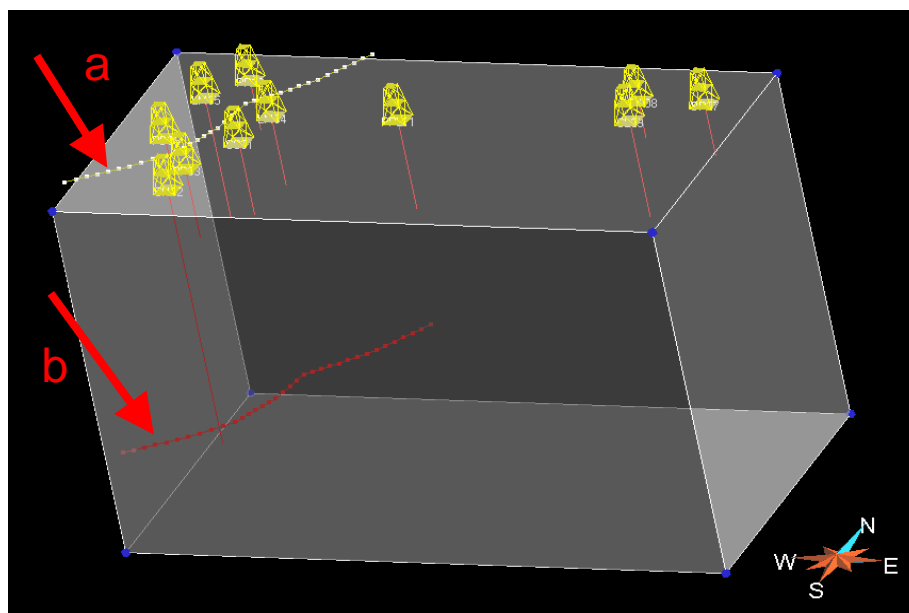


Figura 16 – Volume de interesse proposto ao programa, através de um polígono fechado. (a) Desenho feito com a ferramenta chamada *curve*, referente à falha; (b) Associação da *curve* desenhada que o programa faz do topo e da base com a profundidade dos poços.



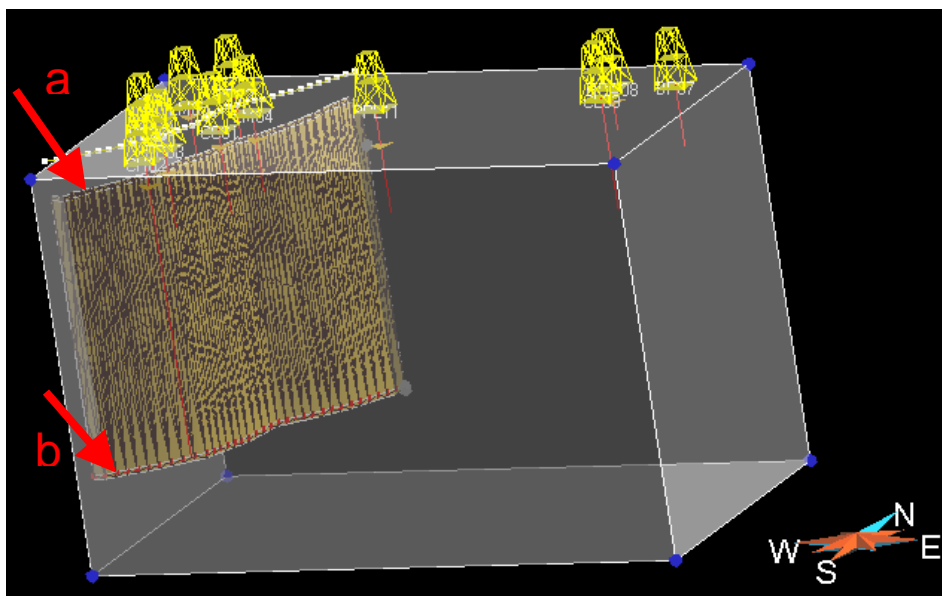


Figura 17– (a) e (b) Criação da superfície da falha, a partir dos dados de topo e base das curvas criadas e associadas ao programa.

Em seguida, é efetuada a construção de todas as superfícies (seqüências deposicionais). Como já foi dito ao programa para se associar dados da *column stratigraphic*, volume de interesse e *markers*, basta apenas gerar tais superfícies (Fig. 18 e 19).

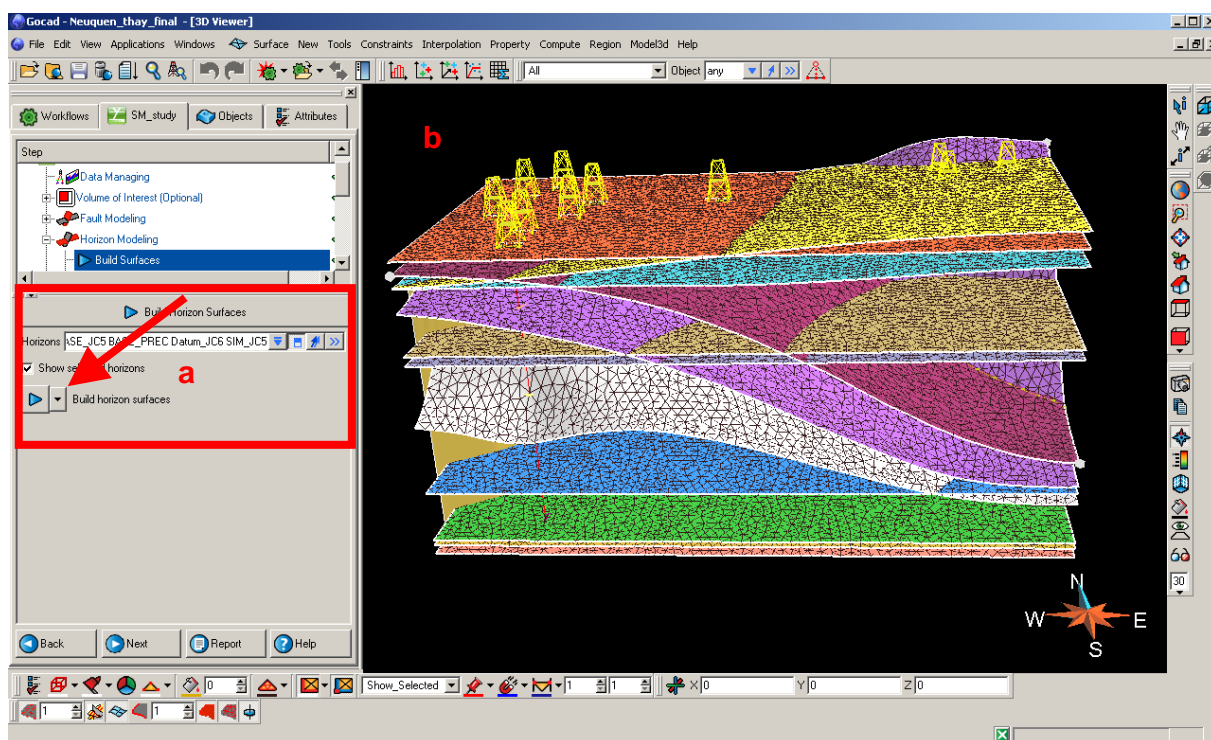


Figura 18 – (a) Janela onde o programa constrói/gera a base de todas seqüências deposicionais; (b) Visualização frontal, das superfícies geradas a partir dos *markers* já carregados (dados de base das seqüências).



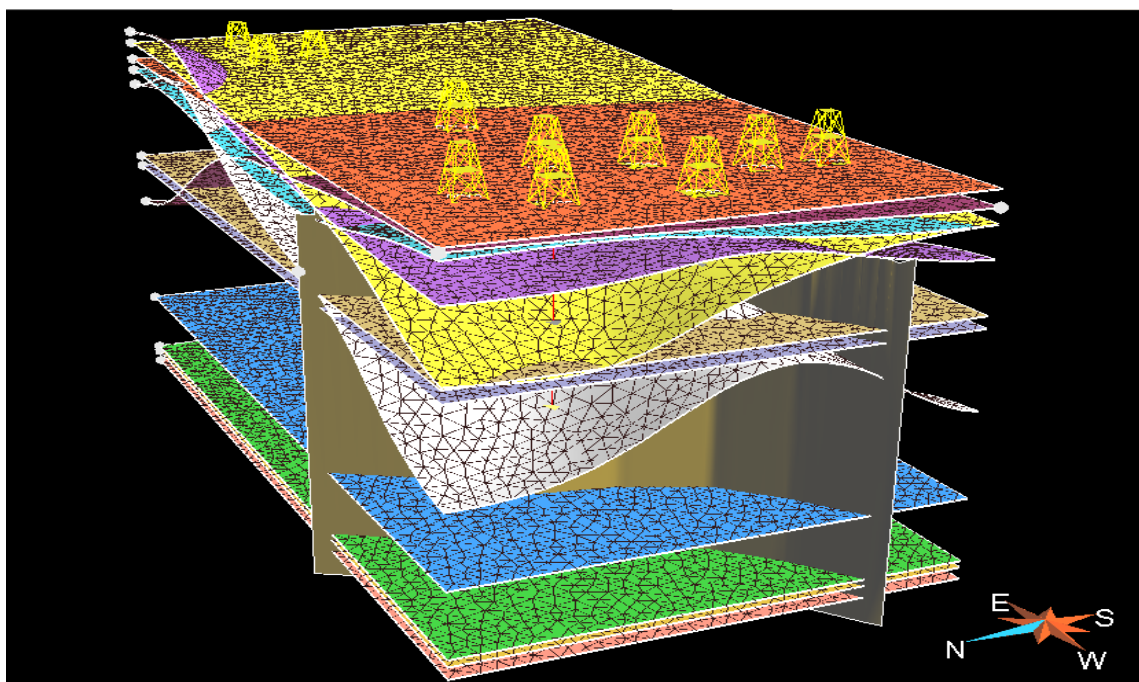


Figura 19 – Outro ponto de visualização (lateral) das superfícies estratigráficas geradas (dados de base das sequências). Neste ângulo é possível observar a falha e as superfícies geradas. A área modelada acima, apresenta 90 m<sup>2</sup> (E-W) por 30m<sup>2</sup> (N-S) de extensão.

É perceptível que todas as superfícies geradas cruzam-se e/ou cortam-se (Figs. 19 e 20), pois para o programa, as regiões onde não existem *markers*, ele (o programa) interpola/simula aleatoriamente. Antes de associar a falha gerada, juntamente com as superfícies, fez-se necessário o processamento de suavizações em cada superfície gerada, remoções dos cruzamentos entre as superfícies e até a remoção de uma parte das superfícies que não apareciam em alguns poços, devido a motivos erosionais, truncamentos e/ou *pinchout* - na linguagem do programa - e também o fato da profundidade do poço não ser atingida naquela determinada região. Todas essas execuções foram utilizadas a partir das interpretações quanto as suas posições estratigráficas nas superfícies geradas (Fig. 21 e 22).

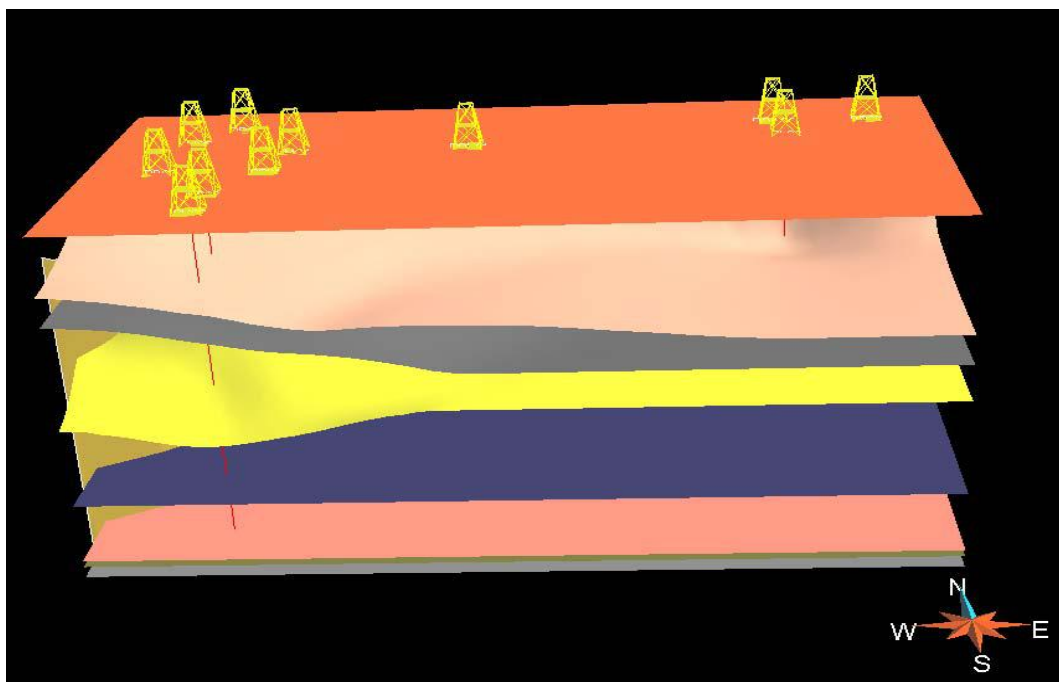


Figura 20 – Visualização frontal das superfícies, após serem refinadas através de suavizações em cada superfície gerada, remoções dos cruzamentos entre as superfícies e até a remoção de uma parte das superfícies que não apareciam em alguns poços, devido a motivos erosionais, truncamentos e/ou *pinchout* - na linguagem do programa - e também o fato da profundidade do poço não ser atingida naquela determinada região.

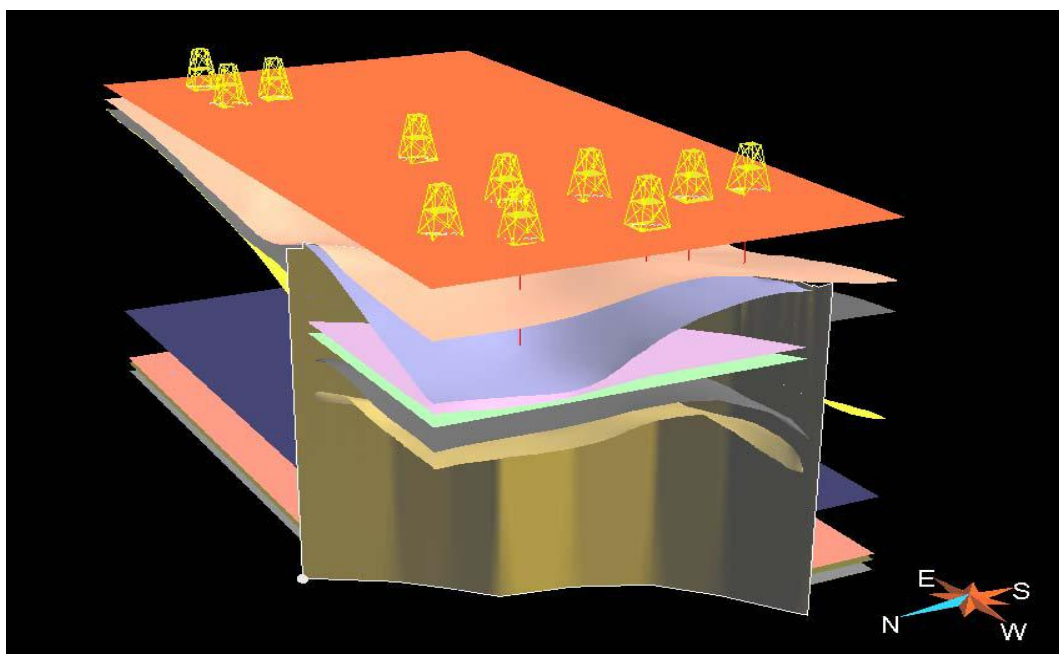


Figura 21 – Visualização lateral das superfícies geradas, após seu refinamento, por: interpolação, suavização de cada uma das superfícies, remoção de cruzamentos entre essas superfícies e até mesmo a remoção de determinadas regiões que não apareciam em alguns poços, devido a motivos erosionais, truncamentos ao fato da profundidade de alguns poços não atingir determinadas regiões.

Como dito anteriormente, a fase a ser seguida neste momento, baseia-se na associação da falha gerada às superfícies, uma vez que o programa não respeita a

superfície da falha. Para associar tais superfícies à falha, trabalha-se no mesmo módulo *Workflow* e no item de *Structural Modeling*.

No subitem *Horizon-Fault Contact Modeling*, propõem-se ao programa as superfícies a serem associadas à falha, assim como verifica-se a superfície gerada está dentro de todos os padrões que o programa exige, tais como: o fechamento dos contatos das bordas da superfície; se há truncamento e/ou cruzamento da falha com a superfície; se os pontos ou contatos dos polígonos da superfície estão de acordo com as propostas que o programa faz, enfim, a uma gama de possibilidades de edições que o programa oferece. Dito isso, automaticamente o programa passa a apresentar não mais uma superfície por inteira, mas passa a reconhecer duas novas regiões de uma mesma superfície estratigráfica em ambos os lados da falha (Fig. 22).

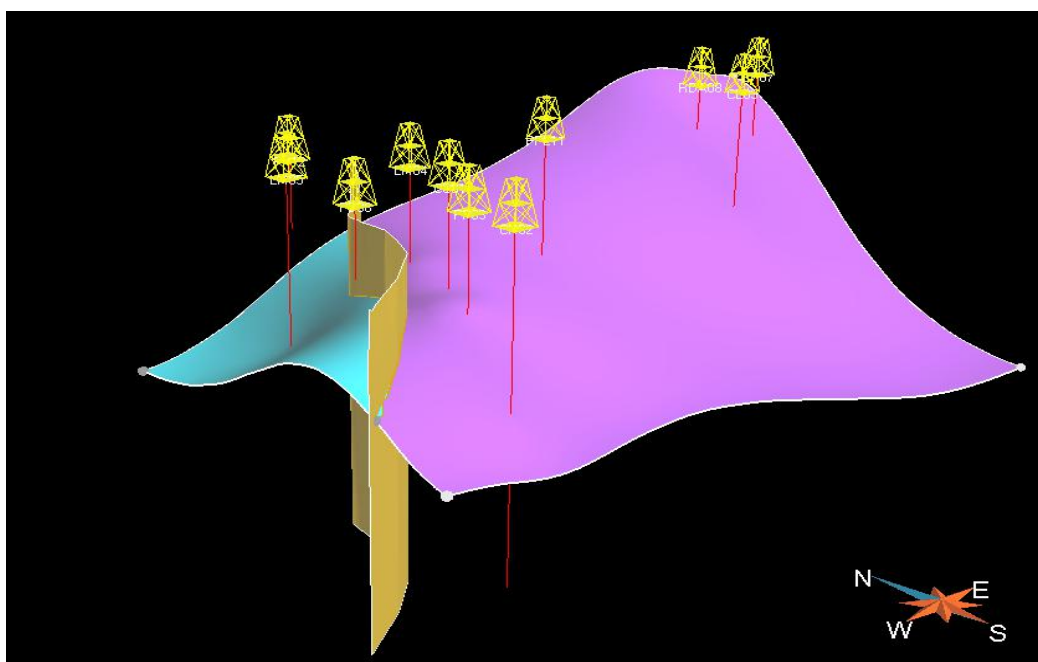


Figura 22 – Reconhecimento do programa quanto à existência de uma falha com relação à base de uma superfície estratigráfica (no caso a sequência JC4.1). Após essa associação o programa passa a apresentar não mais uma superfície por inteira (mesma cor para o programa), mas passa a reconhecer duas novas regiões (lado azul à esquerda e lado rosa a direita) de uma mesma superfície estratigráfica.

Pode-se a partir de então, “ajustar” e/ou modificar a posição e a direção em que a falha se encontra. No caso estudado, o ajuste foi feito apenas na posição da falha (Fig. 23), sendo então gerada a superfície com relação ao rejeito proposto (Figs. 24 e 25).

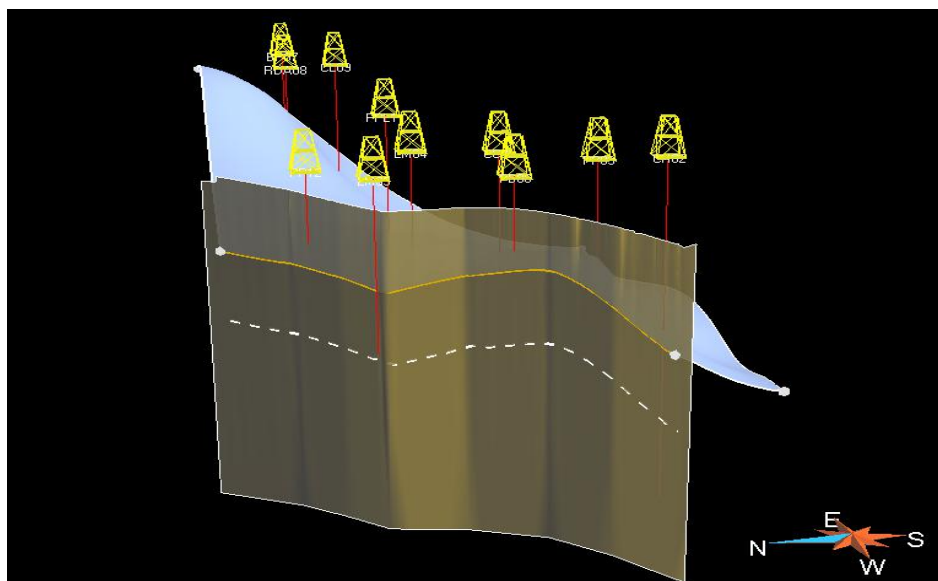


Figura 23 – Visualização do ajuste e da nova localização do rejeito da falha sendo construído (linhas pontilhadas) com relação à base da superfície JC4.1.

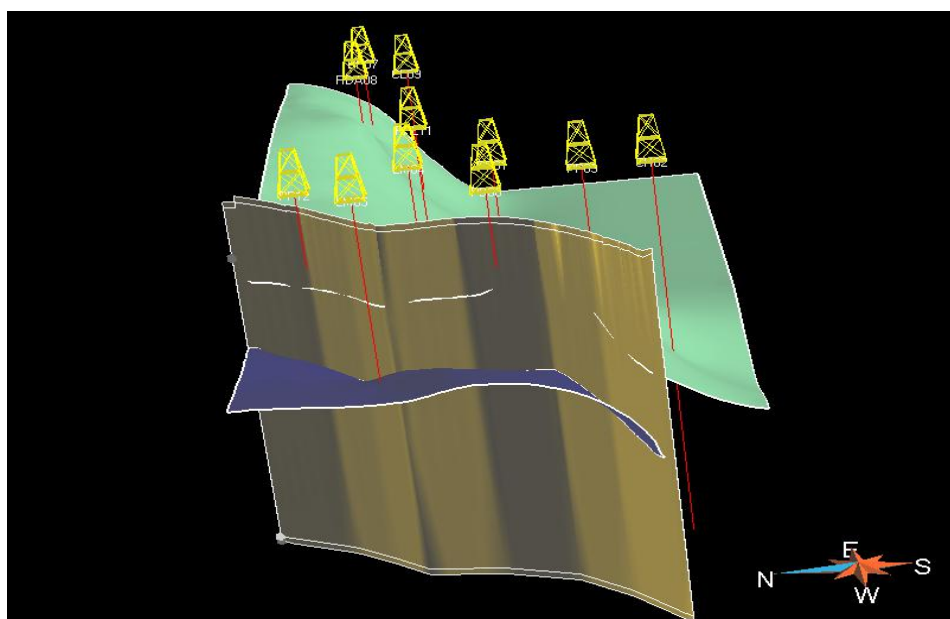


Figura 24 – Nova localização da base da superfície JC4.1 (porção NW) com relação ao rejeito da falha construído, sendo agora reconhecido pelo programa, duas superfícies independentes mas pertencentes a mesma superfície JC4.1.

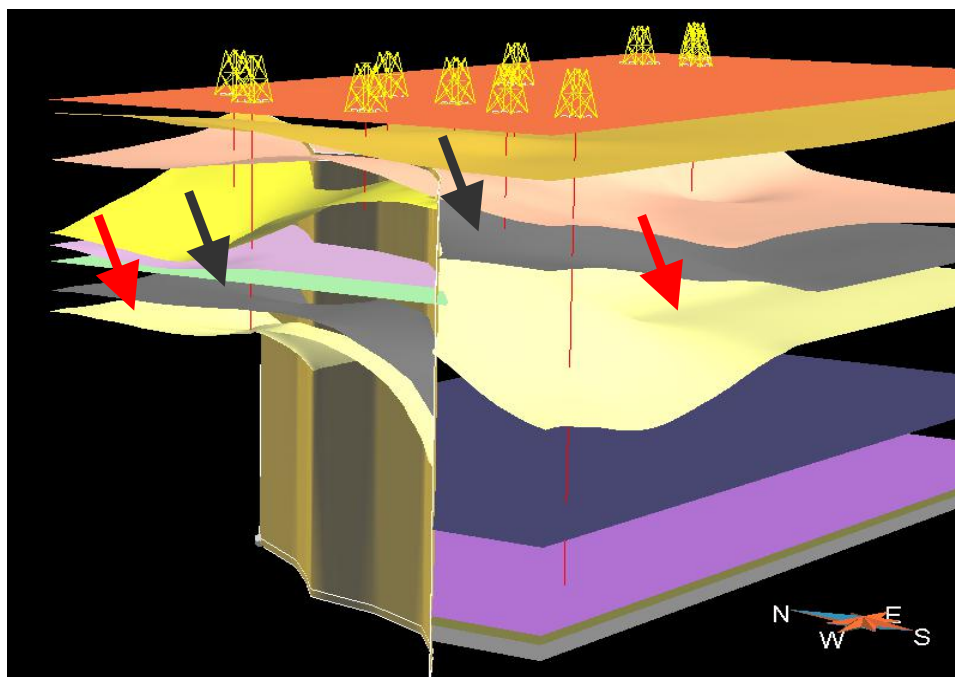


Figura 25 – Visualização de todas as bases das seqüências deposicionais geradas com relação à falha (JC1, JC2, JC3, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5, JC5). A seta cinza representa a base da seqüência JC4.2 e a seta vermelha representa a base da seqüência deposicional JC4.1.

### 5.3 Geração do *Grid* da Seqüência Depositional

Para a modelagem de quaisquer elementos morfológicos e fácies sedimentares, é necessário que se crie *grids*, que nada mais são que células tridimensionais, representadas por I, J e K, de coordenadas X, Y e Z, respectivamente. Os *grids* foram criados a partir do módulo *3D Reservoir Grid Builder*.

Como dito anteriormente, optou-se pela modelagem dos elementos e fácies sedimentares da seqüência JC5. Nesta seqüência deposicional, em função do tamanho de sua da área e também pelo fato do programa não suportar gerar células superiores a 8.000.000 em tempo hábil (levando até três dias para uma simulação apenas), optou-se por dividi-la em dois *subgrids*. Decisões estas tomadas a fim de que os elementos pudessem ser visualizados, uma vez que, as espessuras não são muito significativas.

Tais *grids* divididos são representados, um pelo trato de sistema transgressivo (TST), gerados com células de 20 metros de espessura, por 150 metros de largura e 200 metros de profundidade e limitado em sua base pela superfície BASE\_ JC5 e seu topo limitado pela superfície SIM\_JC6. O *grid* superior foi representado pelo

trato de sistema de mar alto (HST) e foi gerado com células de 10 metros de comprimento, 150 metros de largura e metros de espessura e limitados em sua base pela superfície de inundação máxima (SIM) e seu topo pela superfície do Datum\_JC6 (Fig. 26).

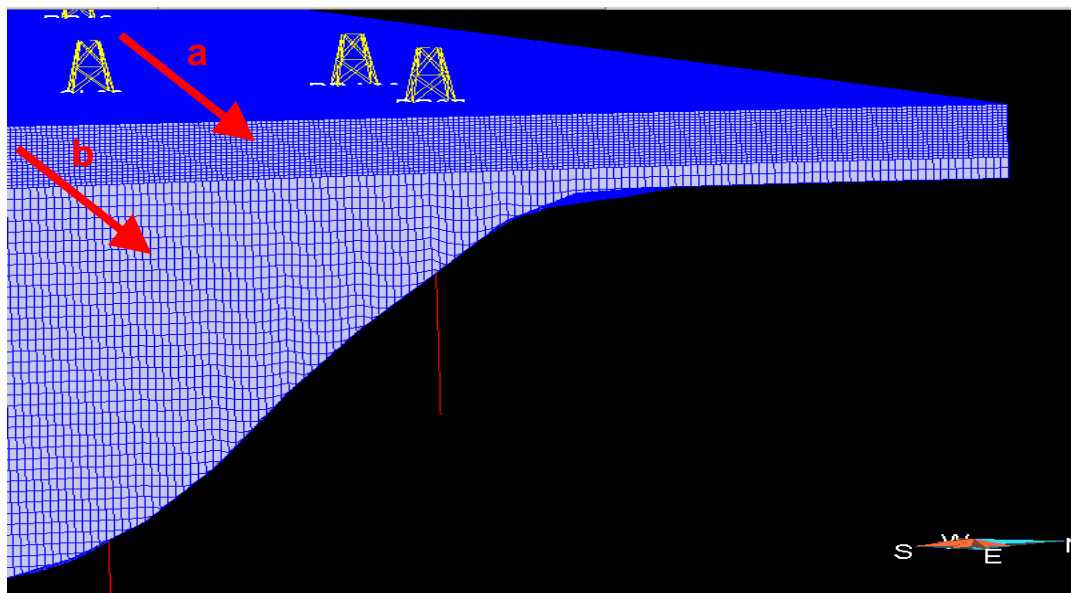


Figura 26 – (a) *Grid* gerado representando o trato de sistema de mar alto (HST), com medidas de 10 metros de comprimento, 150 metros de largura e 200 metros de espessura, limitado em sua base pela superfície denominada SIM\_JC5 e no seu topo pela superfície denominada Datum\_JC6; (b) *Grid* representando o trato de sistema transgressivo (TST), com medida de 20 metros de comprimento, 150 metros de largura e 200 metros de espessura, limitado em sua base pela base da superfície denominada BASE\_JC5 e no seu topo pela superfície denominada SIM\_JC6.

Partindo das mesmas propriedades de construção dos *grids* da sequência JC5, as demais sequências deposicionais foram geradas a partir de células de 10 metros de comprimento, 200 metros de largura e 200 metros de espessura (Fig. 27) e seus topos e bases condizentes com as respectivas superfícies tratadas. Nestas sequências deposicionais, não se fez necessária a divisão de uma mesma sequência deposicional em dois *subgrids*, uma vez que o intuito não era mostrar maiores detalhes com relação aos elementos morfológicos, e sim, a modelagem das fácies sedimentares.



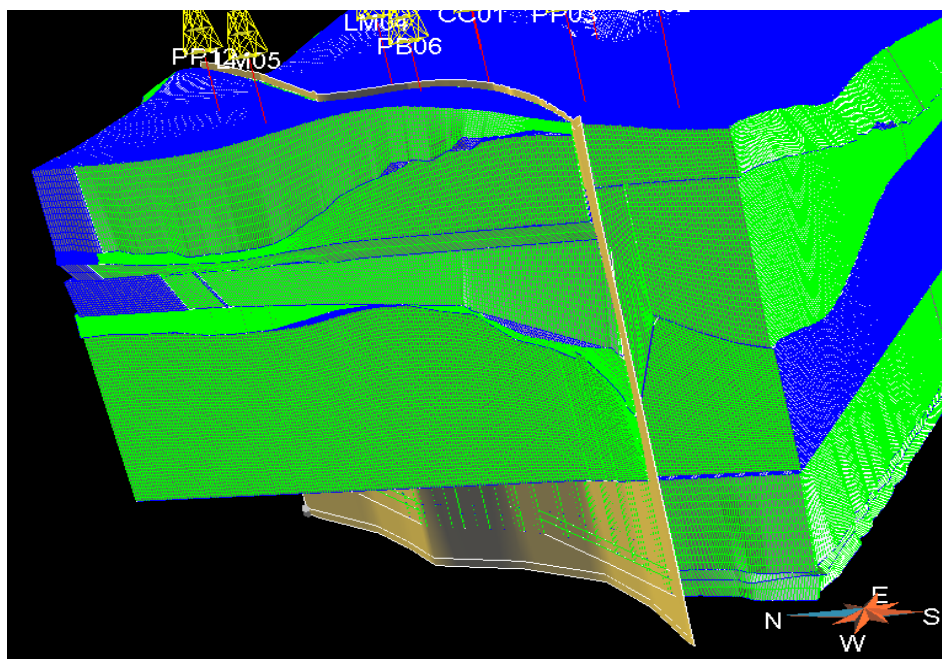


Figura 27 – Visualização dos *grids* das sequências JC1, JC2, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4, JC4.5. Todos esses *grids* foram gerados com medidas de 20 metros de comprimento, 150 metros de largura e 200 metros de espessura. Como não eram sequências de interesse da modelagem mais detalhada, fez-se um *grid* de tamanho onde pelo menos as fácies mais importante de cada sequência pudessem ser representadas.

#### 5.4 Modelo dos Elementos Morfológicos

Etapa construída dentro do módulo *Reservoir Properties*, onde os elementos morfológicos foram gerados a partir da criação de células, denominados no programa como *grids*, das sequências deposicionais.

Dito isso, cria-se uma nova superfície, denominada no programa como *mapa\_objetos*. Dentro desta superfície são criadas regiões específicas (Figs. 28, 29, 30, 31 e 32) para cada elemento que se deseja gerar, pois este será utilizado para a geração dos elementos morfológicos, através de um mapa de proporções (porcentagem) ou conhecido no programa como *apply script*. Em todos os elementos morfológicos utilizou-se a função algorítmica denominada Booleana ou *Generic Objects (Boolx)* estacionária, e um método de apresentação por simulação, os quais são mais aconselháveis neste caso, uma vez que os resultados de suas simulações serão os que mais se ajustam ao modelo desejado.

As regiões criadas na superfície *mapa\_objetos* são referentes aos seguintes elementos morfológicos: Plataforma costa afora a prodelta (Fig. 28); Barra de desembocadura dominada por onda e praia (Fig. 29); Barra de maré de plataforma a estuarina (Fig. 30); Canal estuarino (Fig. 31); Sistema fluvial (Fig. 32). Nesta mesma superfície *mapa\_objetos*, cria-se também propriedades referentes ao elemento

desejado. Estas regiões e suas respectivas propriedades foram geradas a partir das informações adquiridas das seções estratigráficas e das paleocorrentes fornecidas.

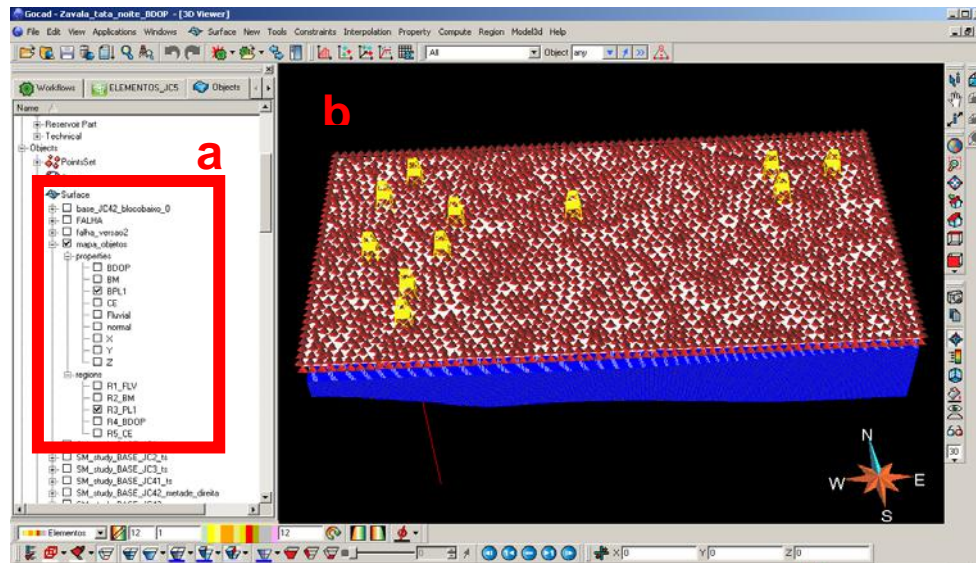


Figura 28 – (a) Local onde as regiões são criadas no programas com suas respectivas propriedades; (b) Região do elemento plataforma costa a fora a prodelta, com sua região criada representada pelos triângulos vermelhos. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região criada de cem por cento de proporção a ser modelada, já que se trata de uma plataforma.

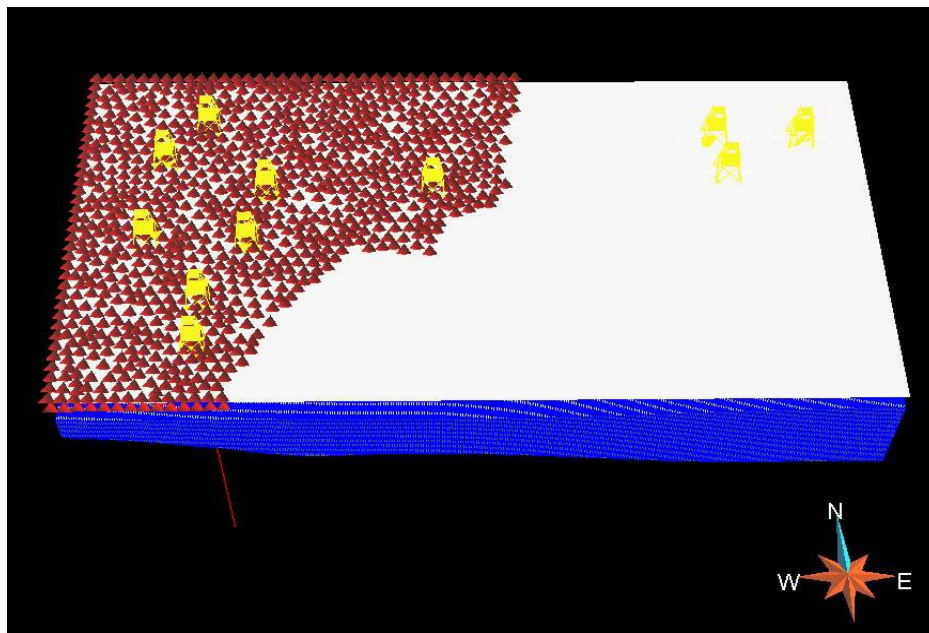


Figura 29 – Região do elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, representada por triângulos vermelhos. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de trinta por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento.



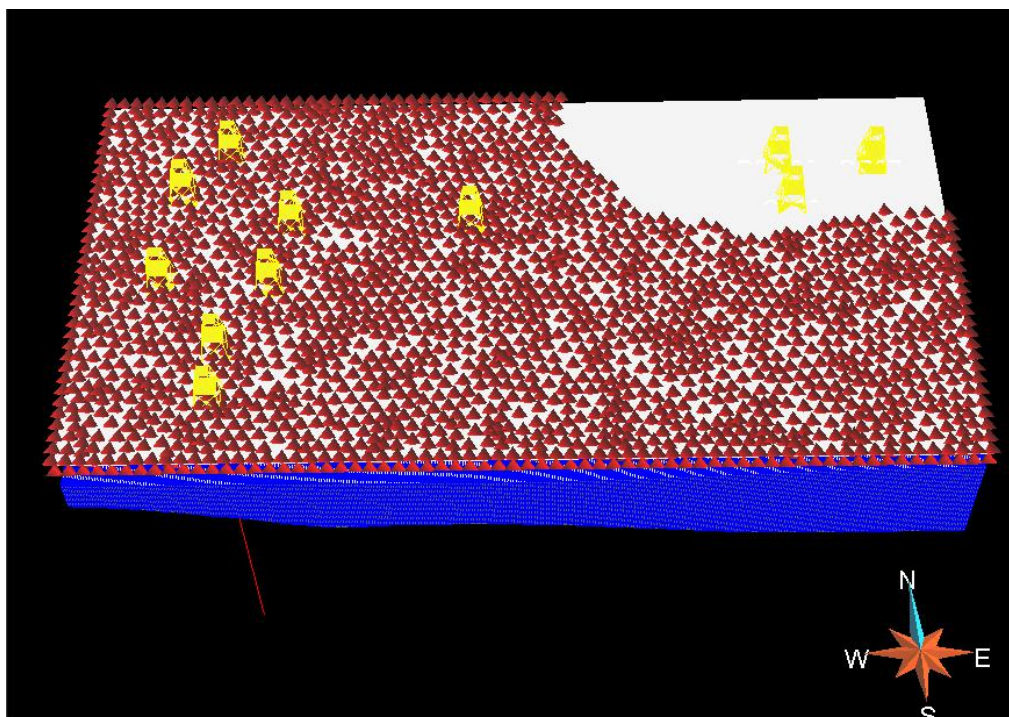


Figura 30 - Região do elemento barra de maré de plataforma a estuarina, representado pelos triângulos vermelhos na figura. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de quarenta por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento.

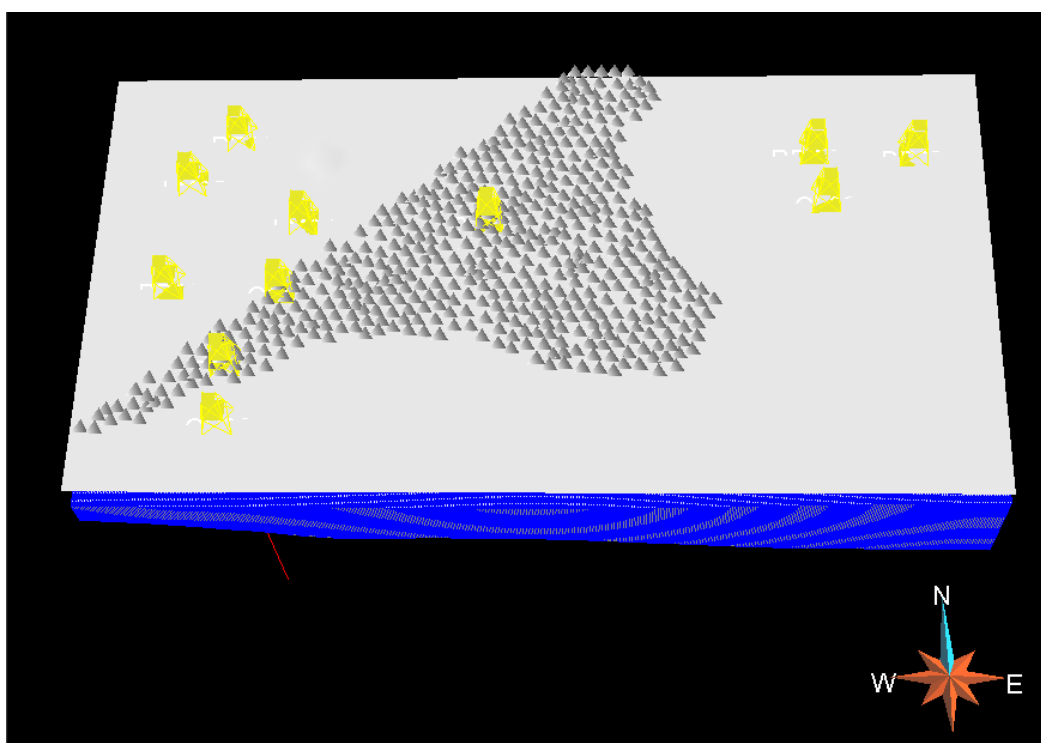


Figura 31 – Região do elemento canal estuarino, representado pelos triângulos cinzas na figura. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de quarenta por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento.

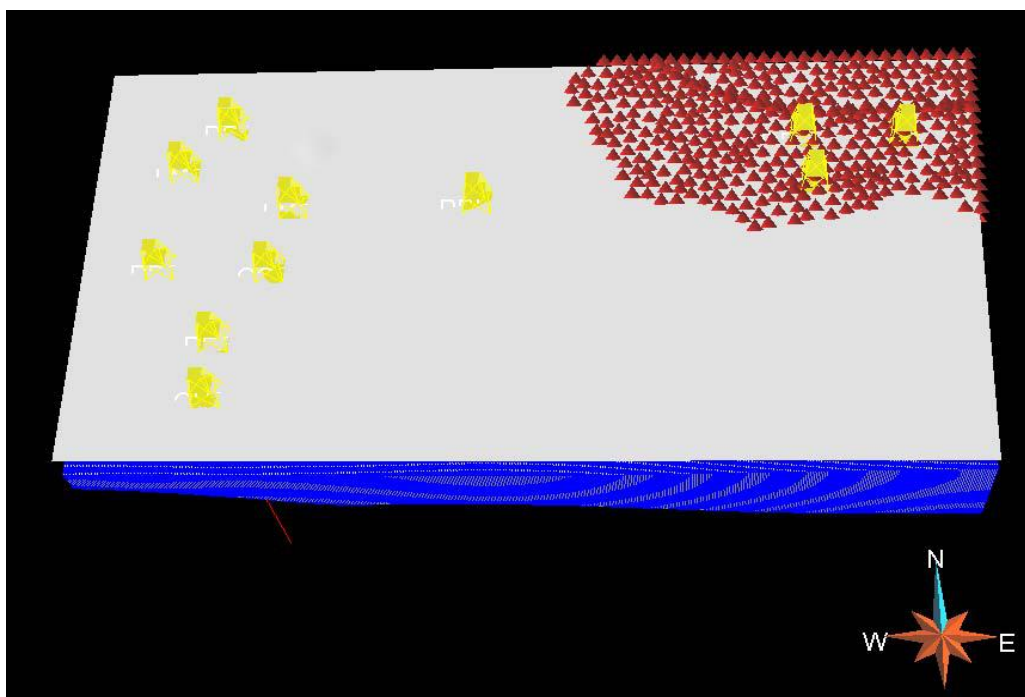


Figura 32 – Região do elemento sistema fluvial, representado pelos triângulos vermelhos na figura. Como propriedade, foi dada uma proporção nessa região de dez por cento desse elemento a ser modelo e no restante da região não delimitada pelos triângulos, zero por cento.

As propriedades utilizadas na plataforma costa afora a prodelta primeiramente envolve o mapa de proporção a ser dado na região, como se trata de uma plataforma, deu-se no local cem por cento de proporção a ser modelada. Como forma geométrica (no programa denominado apenas *shape*) foi utilizado uma caixa (*box*), abrangendo toda a extensão da área como base para a modelagem, ou seja, para o programa é dito que o local será simulado numa constante tanto de altura, comprimento e largura, respeitando os limites da área proposta, gerando o elemento propriamente (Fig. 33).

Na Barra de desembocadura dominada por onda e praia, a forma geométrica imposta foi oval (*puck*), e o mapa de proporção na região criada foi de trinta por cento e no restante zero. A medida estipulada foi de 8.000 metros de comprimento, 250 metros de largura e 50 metros de profundidade. Deu-se uma orientação de  $-30^\circ$  para essas barras. Automaticamente, o programa simula o elemento a partir dos dados impostos (Fig. 34).

As Barras de maré de plataforma a estuarina foram geradas geometricamente com formas ovais com seu mapa de proporção na região criada com quarenta por cento e medidas de 40.000 metros de comprimento, 3.000 de largura e 30 metros de espessura. Uma direção de  $30^\circ$  foi dada ao programa (Fig. 35).

Os canais estuarinos apresentam formas geométricas ovais, com mapas de proporção na região de trinta por cento e medidas de 10.000 metros de comprimento, 700 metros de largura e 100 metros de espessura. Uma orientação para NW ou de  $-210^\circ$  para o programa (Fig. 36).

Nos sistemas fluviais os parâmetros utilizados foram de canais sinuosos (*sinusoidal channel*), seus mapas de proporções estão em dez por cento na região e suas medidas de 12.000 metros de comprimento, 500 metros de largura e 70 metros de espessura. Com relação as suas sinuosidades (entre uma curva e outra) apresentaram 10.000 metros de comprimento e 1.000 metros de extensão. Uma orientação de  $-240^\circ$  foi dada (Fig. 37).

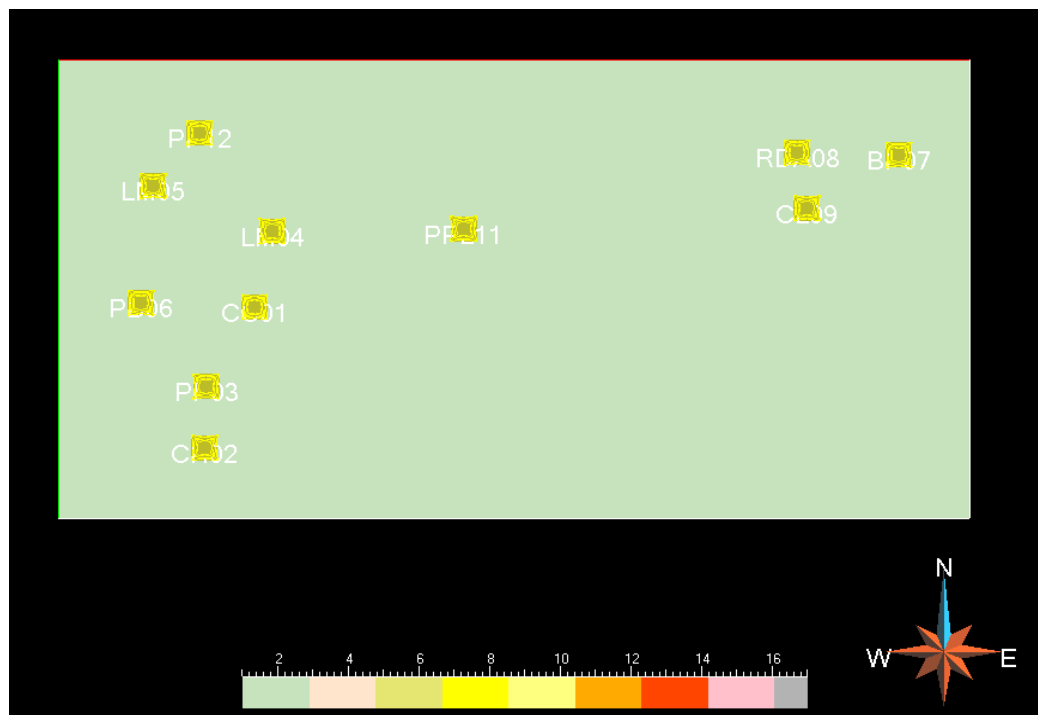


Figura 33 – Visualização do modelo gerado do elemento plataforma costa afora a prodelta, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de cem por cento, as medidas de 8.000 metros de comprimento, 250 metros de largura e 50 metros de espessura e a orientação de  $-30^\circ$ , o programa simulou o elemento na área toda estudada. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento plataforma costa afora a prodelta, a cor selecionada foi verde.

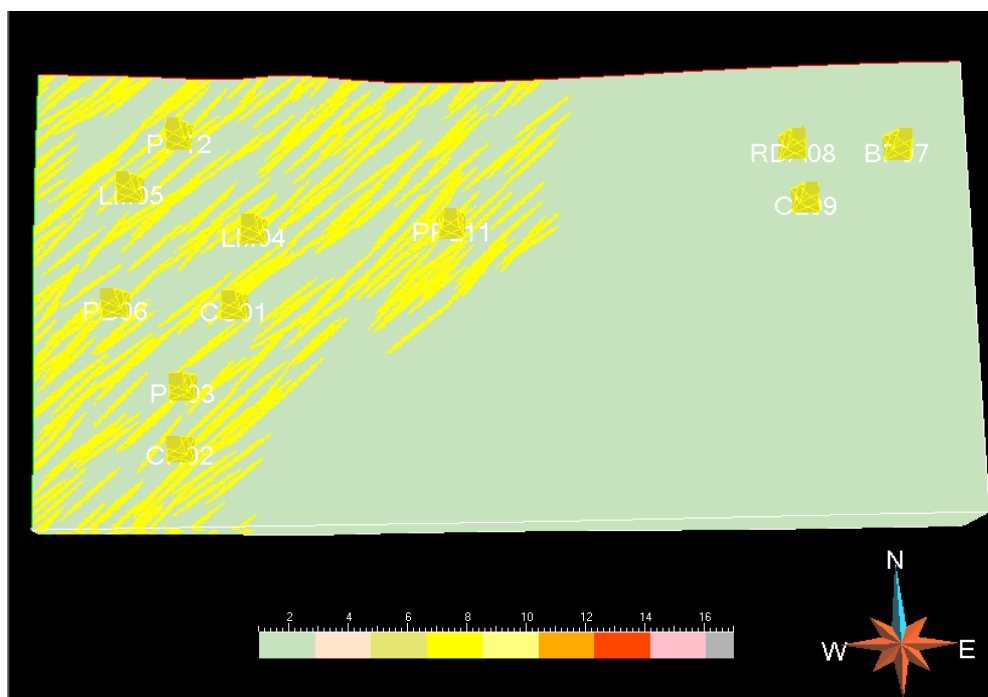


Figura 34 – Visualização do modelo gerado do elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de quarenta por cento na região criada, as medidas de 8.000 metros de comprimento, 250 metros de largura e 50 metros de espessura e a orientação de 30°, o programa simulou o elemento a partir dos dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, a cor selecionada foi amarelo escuro.

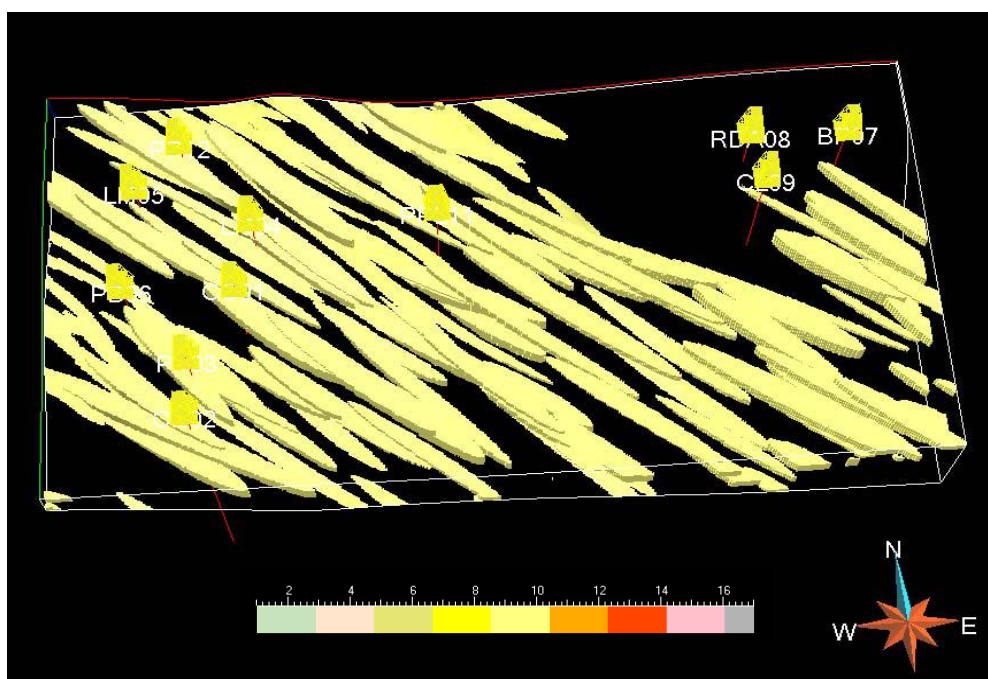


Figura 35 – Visualização do modelo gerado do elemento barra de maré de plataforma a estuarina, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de quarenta por cento na região criada, as medidas de 40.000 metros de comprimento, 3.000 metros de largura e 30 metros de espessura e a orientação de 30°, o programa simulou o elemento a partir dos dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, a cor selecionada foi amarelo claro.

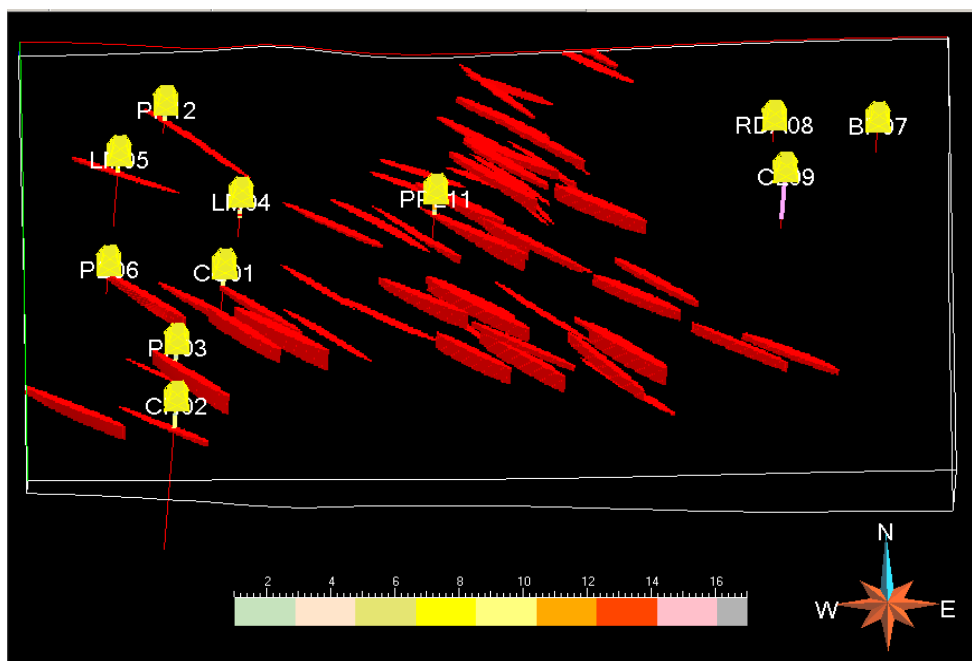


Figura 36 – Visualização do modelo gerado do elemento canal estuarino, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a oval. Devido à proporção dada de trinta por cento na região criada, as medidas de 10.000 metros de comprimento, 700 metros de largura e 100 metros de espessura e a orientação de  $-210^\circ$ , o programa simulou o elemento a partir dos dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento canal estuarino, a cor selecionada foi vermelho.

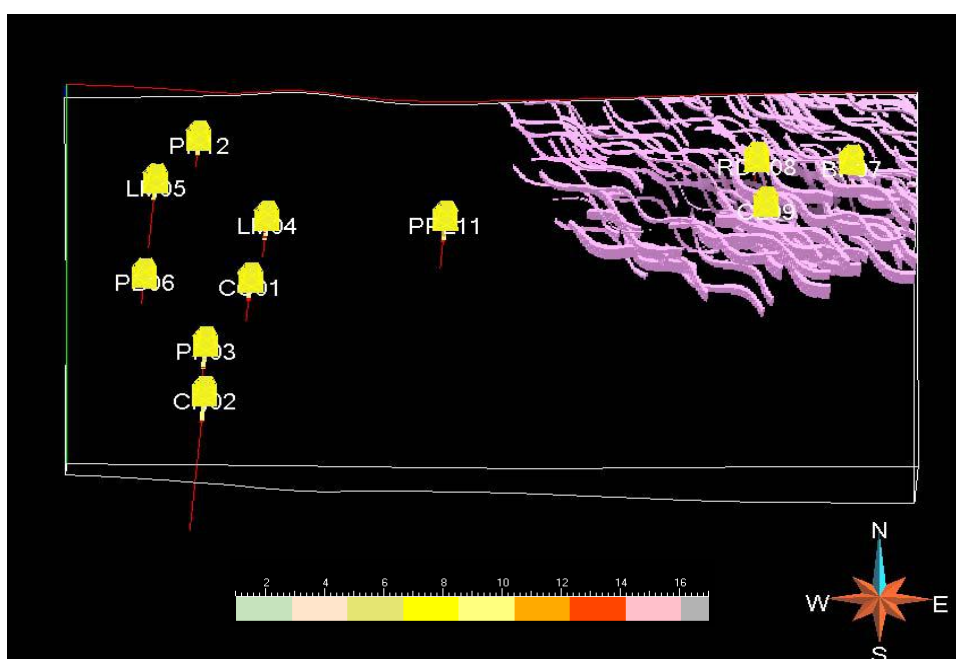


Figura 37 – Visualização do modelo gerado do elemento sistema fluvial, onde a forma geométrica estipulada ao programa para este elemento foi a de canais sinuosos. Devido à proporção dada de dez por cento na região criada, suas medidas de 12.000 metros de comprimento, 500 metros de largura e 70 metros de espessura. Com relação às suas sinuosidades (entre uma curva e outra) apresentaram 10.000 metros de comprimento e 1.000 metros de extensão. Uma orientação de  $-240^\circ$  foi dada, assim o programa simulou o elemento a partir destes dados impostos. Abaixo da figura, visualiza-se a paleta de cores escolhida para a modelagem dos elementos. Para o elemento sistema fluvial, a cor selecionada foi rosa.

## 5.5. MODELO DE FÁCIES

Esta etapa também foi construída dentro do módulo *Reservoir Properties*, onde as fácies sedimentares foram geradas a partir da criação dos elementos morfológicos.

Na modelagem de todas as fácies sedimentares utilizou-se a função algorítmica SIS (*simulação indicatriz sequencial*) e o método de apresentação por simulação.

Diferentemente da modelagem dos elementos morfológicos, onde se utiliza um mapa de proporção dentro das superfícies, na etapa de modelagem de fácies, cria-se regiões dentro dos *grids* com o nome das fácies que se deseja criar, mas com as mesmas propriedades daquelas já criadas nas regiões dos elementos morfológicos, assim, quando o programa perguntar por qual região modelar, é discriminado que as propriedades e regiões dos poços e das fácies sejam respeitadas dentro dos *grids*, ficando desta forma condicionadas à forma dos elementos.

Cria-se ainda um variograma (gráfico de variação de uma determinada medida) para que cada fácies modelada não seja criada aleatoriamente e em qualquer direção ou distribuição dentro de uma célula e para que também possam ser visualizadas dentro das regiões delimitadas pelos elementos, com suas orientações e distribuições. Para cada fácies o programa exige que sejam estipuladas as porcentagens de cada uma com relação a cada elemento morfológico.

Para todas as fácies sedimentares foram criados variogramas de R1 máxima igual a 1 (maior comprimento) e R2 mínimo (menor comprimento) igual a 0.1, porém, R3 (vertical) igual a 0.1, os azimutes e as porcentagens das fácies foram condizentes com a interpretação (dados de porcentagem ver capítulo 4.1 e os azimutes no capítulo 5.5). Após estas imposições ao programa, as fácies são geradas (Figs. 36, 37, 38, 39 e 40).

Nesta etapa da modelagem optou-se pela criação de todas as fácies das sequências deposicionais JC1, JC2, JC3, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4 e JC4.5, de variogramas e azimutes iguais aos citados, mas devido a falta de dados e a maioria dos poços não atingirem suas profundidades, não se fez uma proporção exata de fácies, assim, as simulações aleatórias do programa entraram em jogo e as que condiziam com o modelo esperado foram selecionadas (Ver Anexo IV).



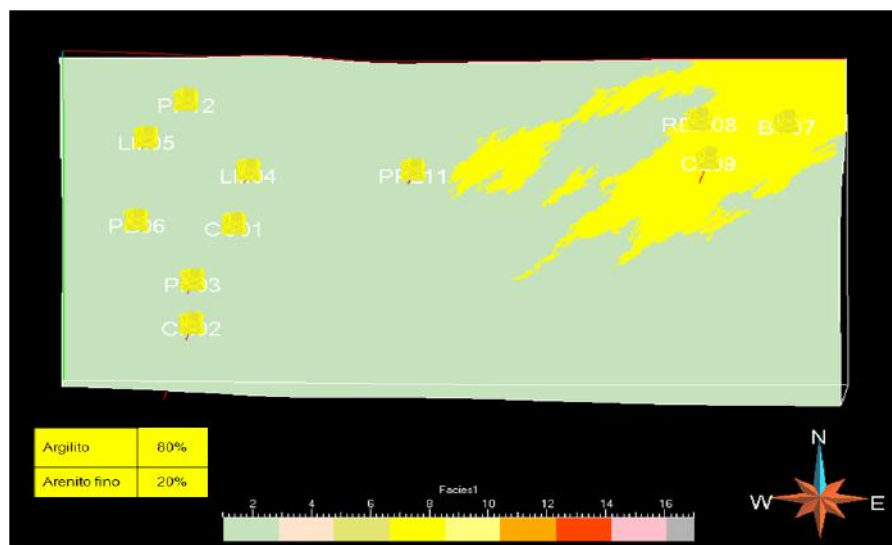


Figura 38 – Visualização do modelo gerado de fácies da plataforma costa afora a prodelta, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área) de interesse (nesse caso, os poços RDA08, BP07 e CL09) sejam respeitados dentro dos *grids*. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elemento anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde a maior concentração de finos esta na direção (NE-SW) a plataforma e na parte continental as areias. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto.

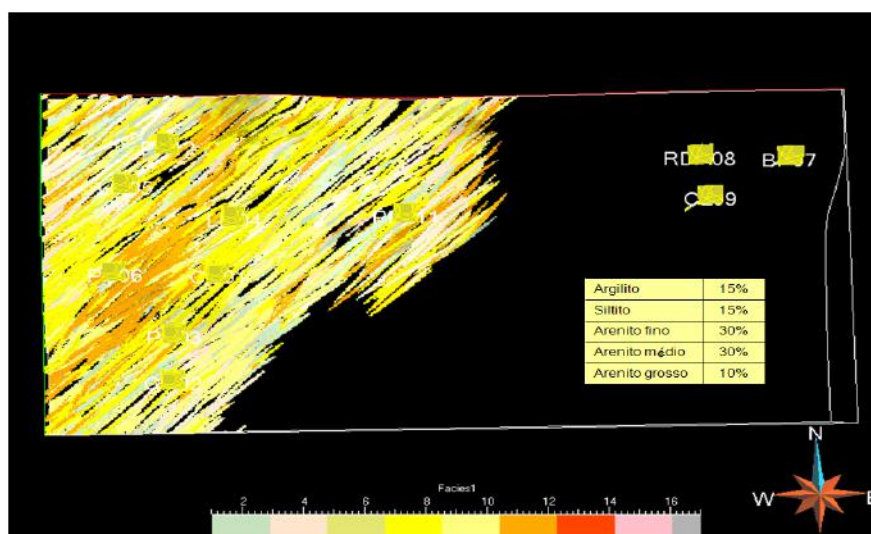


Figura 39 – Visualização do modelo gerado de fácies da barra de desembocadura dominada por onda e praia, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área) de interesse (nesse caso os poços localizados a NW), sejam respeitados dentro dos *grids*. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elemento anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NE-SW) e a maior concentração de areias esta localizada na região continental e os finos presentes estão localizados mais para a região plataformal. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto.

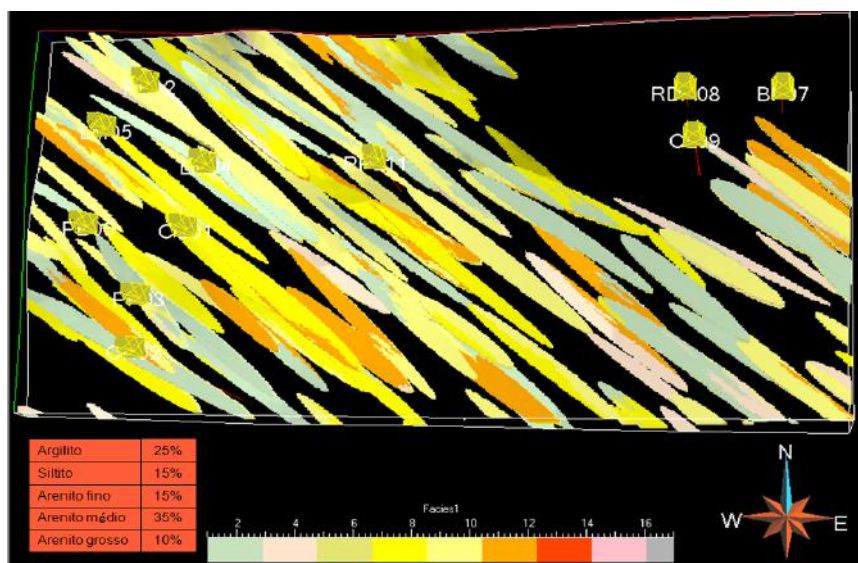


Figura 40 – Visualização do modelo gerado de fácies de barra de maré de plataforma a estuarina, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área) de interesse (nesse caso os poços localizados a NW), os quais devem se respeitados dentro dos *grids*,. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elementos anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NW-SE) e a maior concentração de areias esta localizada na região plataformal e os finos presentes estão localizados mais para a região continental. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto.

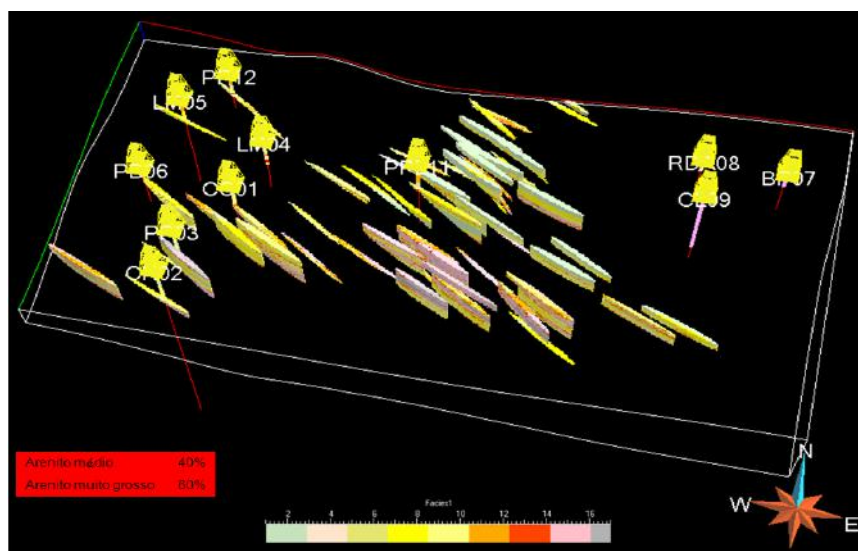


Figura 41 - Visualização do modelo gerado de fácies de canal estuarino, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova região delimitada em volta dos poços (ou da área), nesse caso os poços localizados a NW, os quais devem ser respeitados dentro dos *grids*,. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elementos anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NW-SE) e a maior concentração de areias grossas esta localizada na região plataformal e as areias médias presentes estão localizados mais para a região continental. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto.



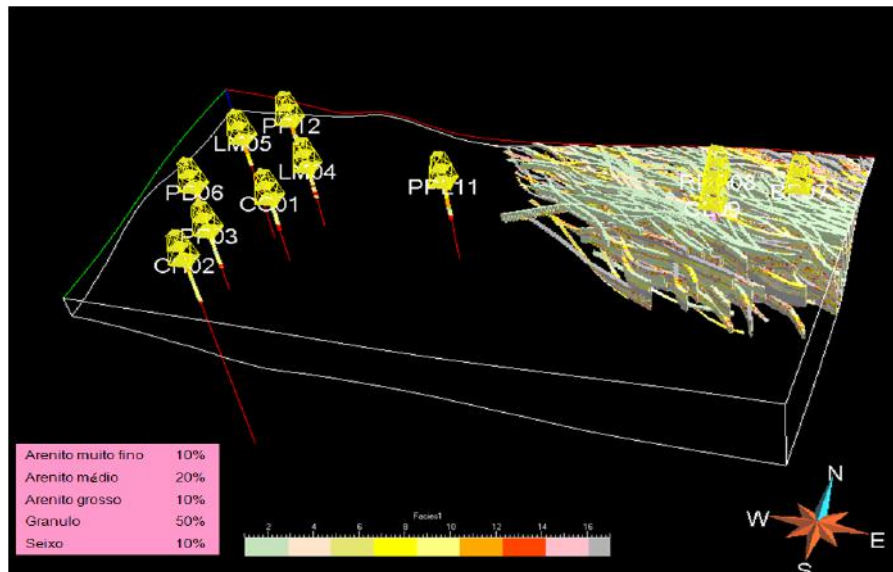


Figura 42 - Visualização do modelo gerado de fácies da barra do sistema fluvial, sendo gerada a partir das propriedades e das regiões criadas anteriormente e também associadas a nova área interesse (nesse caso os poços localizados a NW), sejam respeitados dentro dos *grids*. Um variograma de máxima extensão dada por um e de mínima extensão dada por 0.1 foi estipulado ao programa, ficando desta forma as fácies condicionadas à forma geométrica dada ao elementos anteriormente. Após simulações, o modelo que mais se assemelha ao esperado é exatamente o ilustrado acima, onde as fácies se encontram na direção (NW-SE) e a maior concentração de grânulos está localizada na região continental e as areias distribuídas em direção a parte plataformar. A paleta de cores demonstra as fácies citadas no texto.

## 6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores desafios nas pesquisas direcionadas a geociências é a redução de incertezas, como por exemplo na exploração do petróleo. Com o avanço científico, novas tecnologias permitem melhorar significativamente a qualidade dos resultados e fornecer maior segurança e precisão, por exemplo, na definição dos locais de perfuração.

A utilização de aplicativos de modelagem tridimensional pode ser de grande auxílio, pois possibilita a integração de dados provenientes de diversas fontes e escalas, conferindo maior conhecimento do ambiente geológico e de suas características. Além disso, possibilita ajustes contínuos do modelo geológico oferecendo soluções rápidas como o carregamento de dados e atualização de informações, garantindo tomada de decisões mais precisas. Tecnicamente também muito aplicada também nos estudos relacionados a evolução geológica das bacias como técnica complementar para as atividades de exploração de petróleo.

No contexto de modelagem aplicada à geologia, um dos modeladores geométricos mais utilizados e conhecidos é o Gocad®, sendo o *software* utilizado no trabalho apresentado.

A área modelada, foi embasada na tese de Zavala (1993), o qual estudou sequências deposicionais caracterizadas pelas formações Los Molles e Lajas do Grupo Cuyo (Bacia de Neuquén, Argentina), cujas idades ficam entre o Aleniano e Bathoniano.

De todas as sequências deposicionais estudadas e analisadas para o desenvolvimento deste trabalho, tanto em termos de superfícies estratigráficas quanto de dados sedimentológicos, apenas a sequência JC5 pôde ter os elementos morfológicos modelados. Isto se deve ao fato de que nas demais sequências não haviam informações suficientes, seja pela ausência de algumas sequências deposicionais em alguns perfis (profundidade do poço não atingiu a sequência) ou pela escassez de perfis em determinadas áreas. Nas demais sequências (JC1, JC2, JC3, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4 e JC4.5) foi feito apenas o modelo tridimensional de fácies (Anexo IV).

A sequência deposicional JC5, caracterizada pelos tratos de sistemas transgressivo (TST) e de Mar Alto (HST), compreende 9 ambientes deposicionais,

com suas devidas associações de fácies. Destes ambientes deposicionais, 5 deles foram escolhidos para o modelo tridimensional.

O elemento plataforma costa afora a prodelta foi gerado em um mapa de proporção de cem por cento a ser modelado. Como abrange toda a extensão da área o elemento é simulado numa constante tanto de altura, como comprimento e largura, respeitando os limites da área proposta (Fig 33).

O elemento barra de desembocadura dominada por onda e praia, foi gerado em um mapa de proporção na região criada de trinta por cento e no restante zero. A medida estipulada foi de 8.000 metros de comprimento, 250 metros de largura e 50 metros de profundidade. Deu-se uma orientação de  $-30^\circ$  para essas barras (Fig. 34).

O elemento barra de maré de plataforma a estuarina foi gerado com um mapa de proporção na região criada com quarenta por cento e medidas de 40.000 metros de comprimento, 3.000 de largura e 30 metros de espessura. Uma direção de  $30^\circ$  foi dada ao programa (Fig. 35).

O elemento canal estuarino apresenta um mapa de proporção na região de trinta por cento e medidas de 10.000 metros de comprimento, 700 metros de largura e 100 metros de espessura. Com orientação para NW ou de  $-210^\circ$  (Fig. 36).

Nos sistemas fluviais os mapas de proporções estão em dez por cento na região e suas medidas de 12.000 metros de comprimento, 500 metros de largura e 70 metros de espessura. Com relação as suas sinuosidades (entre uma curva e outra) apresentaram 10.000 metros de comprimento e 1.000 metros de extensão. Uma orientação de  $-240^\circ$  foi dada (Fig.37).

Nas fácies sedimentares da sequência deposicional JC5, fizeram-se variogramas (gráfico de variação de uma determinada medida), para que a distribuição das fácies fossem condicionadas dentro dos elementos.

Nesta etapa também optou-se pela criação de todas as fácies das sequências deposicionais JC1, JC2, JC3, JC4.1, JC4.2, JC4.3, JC4.4 e JC4.5, de variogramas e azimutes iguais aos citados, devido a falta de dados e a maioria dos poços não atingirem suas profundidades, não se fez uma proporção exata de fácies, assim, as simulações aleatórias do programa entraram em jogo e as que condiziam com o modelo esperado foram selecionadas.

Para todas as fácies sedimentares, foram criados variogramas de R1 máxima igual a 1 (maior comprimento) e R2 mínimo (menor comprimento) igual a 0.1, porém, os azimutes e as porcentagens das fácies da sequência JC5 foram distintos.

As fácies da plataforma costa fora a prodelta foram constituídas por oitenta por cento de argilito e vinte por cento de arenito fino. A geometria das camadas é tabular (Fig 38).

As fácies da barra de desembocadura dominada por onda e praia foram constituídas por quinze por cento de argilito e siltito; trinta por cento de arenito fino e arenito médio e dez por cento de arenito grosso. Apresenta camadas com geometria tabular (Fig 39).

As fácies da barra de maré de plataforma a estuarina foram constituídas de vinte e cinco por cento de argilito; quinze por cento de siltito e arenito fino; trinta e cinco por cento de arenito médio e dez por cento de arenito grosso. Este elemento apresenta camadas de geometria tabular nas fácies de argilito, silito e arenito fino; os arenitos médios apresentam camadas com geometria tabular a irregular, enquanto que o arenito grosso apresenta camadas com geometria irregular (Fig 40).

As fácies de canal estuarino são constituídos por quarenta por cento de arenito médio e sessenta por cento de arenito muito grosso. As geometrias descritas são tabulares (Fig 41).

As fácies do sistema fluvial foram constituídas por cinco fácies, dentre elas: arenito muito fino, arenito muito grosso e seixo com dez por cento cada um; vinte por cento de arenito médio e cinqüenta por cento de grânulo. Suas geometrias são distintas, variando de tabular, irregular a lenticular (Fig 42).

O gocat, por tratar-se de um programa geoestatístico, permite que os modelos tanto de elementos quanto de fácies sejam simulados diversas vezes, os modelados aqui apresentados, forma simulados até que se chegasse no modelo esperado.

Neste trabalho, com o intuito justamente de transformar um modelo geológico 2D, já interpretado, em um modelo numérico 3D, pôde-se verificar que além de necessário é fundamental que as informações dos dados sedimentológicos de superfície (perfis de campo) sejam fortemente detalhados, principalmente no que tange às formas geométricas de cada ambiente deposicional e direção preferencial dos mesmos, assim como e não menos importante, as interpretações de seções estratigráficas 2D, uma vez que associadas a elementos estruturais definem o modelo como um todo.

Por fim, cabe salientar, que a importância em gerar um modelo tridimensional está no fato de que o modelo interpretado em campo possa ser visualizado volumetricamente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhattacharya, J.P. & Giosan, L. 2003. Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, **50**, 187-210.
- Bouma, A.H. 1962. Sedimentology of some flysch deposits, a graphic approach to facies interpretation. Elsevier Co., 168 pp., Amsterdam
- Cheel, R.J. 2005. Flow, bedforms and stratification under oscillatory and combined flows. In: Introduction to clastic sedimentology (R.J Cheel, Ed.). Brock University, Ontário, p. 102-24.
- Clifton, H.E. 1976. Wave-formed sedimentary structures – a conceptual model. In: Davis, R.A. & Ethington, R.L. (ed.) Beach and nearshore sedimentation. Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Publ. 24, 126-48.
- Clifton, H.E. 1982. Estuarine deposits. In: Scholle, P. & Spearing, D. Sandstone depositional environments. Memoir, Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, 31, p. 179-90.
- Dalrymple, R.W. 1984. Morphology and internal structure of sandwaves in the Bay of Fundy. *Sedimentology*, 31, 365-82.
- Dalrymple, R. W.; Zaitlin, B. A.; Boyd, R. 1992. Estuarine facies models - conceptual basis and stratigraphic implications. *J. Sediment. Petrol.*, **62**, 1130-46.
- De Ferrariis, C. 1947. Edad del arco o dorsal antigua del Neuquén oriental de acuerdo con la estratigrafía de la zona inmediata. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina*, **2 (3)**, 256-283.
- Dellapé, D. A., Pando, G. A., Uliana, M. A. and Musacchio, E. A. 1978. Foraminíferos y ostrácodos del Jurásico en las inmediaciones del Arroyo Picún Leufú y la ruta 40 (Provincia del Neuquén, Argentina) con algunas consideraciones sobre la estratigrafía de la Formación Lotena. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 2 : 489-507. Buenos Aires.
- Digregorio, R.E., C.A. Gulisano, A.R. Gutiérrez Pleimling y S.A. Minitti, 1984. Esquema de la evolución geodinámica de la Cuenca Neuquina y sus implicancias paleogeográficas. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2:147-162.
- Gulisano C. A. & Gutierrez Pleimling, A.R. 1994. Field guide: The Jurassic of the Neuquen Basin. a) Neuquen Province. *Secretaría de Minería de La Nación (Publicación n° 158) y Asociación Geológica Argentina, Serie E (2)*, 111 p.

- Gulisano, C. A. & Hinterwimer, G. 1986. Fácies deltaicas del Jurásico medio en el oeste del Neuquén. *Boletín de Informaciones Petroleras*, **8**, 2-31, Buenos Aires.
- Heller, P. L. & Dickinson, W. R. 1985. Submarine ramp facies model for delta-fed, sand-rich turbidite systems. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **69 (6)**, 960-976.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extrandino. *Boletín de Informaciones Petroleras*, **23** (226), 1-39.
- Hillebrandt, A. von, 1981. Faunas de amonites del Liásico inferior y medio (Hettangiano hasta Pliensbachiano) de América del Sur (excluyendo Argentina). En: Volkheimer, W. y Musacchio, E. (Eds.): Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico América del Sur, 2: 499-538. Buenos Aires.
- Hogg, S. L. 1993. Geology and Hydrocarbon Potential of the Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Petroleum Geology*, **16 (4)**, 383-396.
- Howell, J. A., Schawarz E., Spalletti L. A., Veiga G. D. 2005. The Neuquén Basin: an overview. In: Veiga, G. D., Spalletti, L. A., Howell, J.A. & Schwazarz, E. (eds). The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics. *Geological Society of London Special Publications*, **252**, 1-14.
- Jaillard, E., ORSTOM, 1993. La sedimentacion en los deltas, los estuarios y las cuencas deltaicas. (Remitido por J.Hernandez 25-2-2001).
- Leanza, H. A. 1985. Descripción geológica de la Hoja 36b, Cerro Chachil, Provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional. 144 p. (Informe inédito). Buenos Aires.
- Leanza, H. A. 1992. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los Movimientos Intermálmicos en la comarca del Cerro Chachil, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **45 (3-4)**, 272-299. Buenos Aires.
- Leanza, H. A. & Blasco, G. 1991. Estratigrafía y ammonites pliensbachianos del área del arroyo Ñireco, con la descripción de *Austromorphites* gen. nov. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **45 (1-2)**, 159-174. Buenos Aires.
- Leanza H. A. & Hugo, C. A. 1997. Hoja Geológica 3969-III - Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Naturales. SEGEMAR. Boletín 218: 1-135. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Repol, D., Sruoga, P., Salvarredy, A.M. 2002. Nuevas unidades estratigráficas del Mesozoico y Cenozoico de La Comarca de Huncal, Provincia del Neuquén, Argentina. Actas del XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate, 2002, v. 1, p. 6.

- Legarreta, L. & Gulisano, C.A., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior, Argentina). In: Chebli, G., Spalletti, L. (Eds.), Cuencas sedimentares Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica, v.6, p. 221-243.
- Legarreta, L. & Uliana, M. A. 1991. Jurassic/Cretaceous marine oscillations and geometry of a back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: Mc Donald D.I.M. (Ed.): Sedimentation, Tectonics and Eustasy. *I.A.S. Sp. Public.* **12**, 429-450.
- McIlroy, D.; Flint, S.; Howell, J.A.; Timms, N. 2005. Sedimentology of the tide-dominated Jurassic Lajas Formation, Neuquén Basin, Argentina. In: The Neuquén Basin, Argentina. A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics (G. D. Veiga; L. A. Spalletti, J. A. Howell; E. Schwartz, Eds). *Geol. Soc. Special Publ.*, **252**, 83-108.
- Miall, A. D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Sciences Reviews*, **22**, 261-308.
- McIlroy, D.; Flint, S.; Howell, J. A. & Timms, N. 2005. Sedimentology of the tide-dominated Jurassic Lajas Formation, Neuquén Basin, Argentina. . In: Veiga, G. D., Spalletti, L. A., Howell, J.A. & Schwazarz, E. (eds). The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics. *Geological Society of London Special Publications*, **252**, 83-107.
- Moraes, M. A..S.; Blaskowski, P. R. & Paraizo, P. L. B. 2006. Arquitetura de reservatórios de águas profundas. *B. Geoci. Petrobras*, **14 (1)**, 7-25.
- Moreira, J. L. P. & Carminatti, M. 2004. Sistemas deposicionais de talude e de bacia no eoceno da bacia de Santos. *B. Geoci. Petrobras*, **12 (1)**, 73-87.
- Omil, R. G.; Schmithalter, J.; Cangini, A.; Albariño, L.; Corsi, A. 2002. El grupo Cuyo em la Dorsal de Huincul, consideraciones estratigráficas, tectônicas e petroleras, Cuenca Neuquina.
- Ponce, J. J.; Zavala, C.; Marteau, M. & Drittanti, D. 2002. Análisis estratigráfico y modelo deposicional para la Formación Rayoso (Cretácico Inferior) en la Cuenca Neuquina, Provincia del Neuquén, in Cabaleri N., Cingolani, C.A., Linares, E., López de Luchi, M.G., Ostera, H.A. and Panarello, H.O.(eds.), Actas del XV Congreso Geológico Argentino, v. 1, p. 716-721.
- Posamentier, H.W.; Erskine, R. D. & Mitchum, R. M. 1991. Models for submarine-fan deposition within a sequence-stratigraphic framework. In: *Seismic Facies and*

- Sedimentary Processes of Submarine Fans and Turbidite Systems*. Springer-Verlag New York Inc., 127-136.
- Pujana, I. 1991, Pantanellidae (Raiolaria) from the Tithonian of the Vaca Muerta Formation, Neuquén, Argentina. *N. jb. Geol. Paläont.*, **180**, 391-408.
- Stipanovic, P. N., Rodrigo, F., Baulies, O. L. y Martínez, C. G. 1968. Las formaciones presenonianas del denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **23 (2)**, 367-388.
- Turner, J. C. M. 1965. Estratigrafía de la comarca de Junín de los Andes. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín*, **44**, 5-51.
- Turner, J. C. M. 1973. Descripción geológica de la Hoja 37 a-b, Junín de los Andes, provincia del Neuquén. *Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín* **138**, 1-86.
- Urien, C.M., Zambrado, J.J. 1994. Petroleum systems in the Neuquén Basin, Argentina. In: The petroleum system – from source to trap (edited by Magoon, L.B., Dow, W.G.), *The American Association of Petroleum Geologists Memoir*, **60**, 513-534.
- Vail, P. R.; Mitchum, R. M.; Todd, R. G.; Widmier, J. M.; Thompson, S, Sangree, J. B.; Bub, J. N.; Hatleid, W. G. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea-level. In: *Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration* (C. E. Payton, Ed.). Am. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, **26**, 49-212.
- Vergani, G. D. 2005. Control estructural de la sedimentación jurásica (Grupo Cuyo) en la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina, Argentina. Modelo de falla lítrica rampa-plano, invertida. *Boletín de Informaciones Petroleras*, **1 (1)**, 32-42.
- Vergani, G. D., A. J. Tankard, H. J. Belotti, and H. J. Welsink, 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén basin, Argentina, in A. J. Tankard, R. Suárez S., and H.J. Welsink, Petroleum basins of South America: AAPG Memoir, **62**, 383–402.
- Volkheimer, W. 1978. Microfloras fósiles. Geología y Recursos Naturales del Neuquén. 7° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 187-207. Buenos Aires.
- Wiberg, P.L. & Harris, C.K. 1994. Ripple geometry in wave dominated environments. *J. Geophys. Research*, **99**, 775-89.
- Zavala, C. 1993. Estratigrafía y análisis de fácies de la Formación Lajas (Jurásico medio) en el sector suroccidental de la Cuenca Neuquina. Provincia del Neuquén. República Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, Tesis Doctoral, Bahía Blanca, 260p.



- Zavala, C., 2002. El contacto entre los grupos Cuyo y Lotena (Jurásico) en la Sierra de la Vaca Muerta. Cuenca Neuquina, Argentina. In: Cabaleri, N., Cingolani, C.A., Linares, E., López de Luchi, M.G., Ostera, H.A., Panarello, H.O. (eds.) El Calafate, Actas del XV Congreso Geológico Argentino, v.1, p. 711-715.
- Zavala, C., 2005. Tracking sea bed topography in the Jurassic. The Lotena Group in the Sierra de la Vaca Muerta (Neuquén Basin, Argentina). *Geologica Acta*, **3 (2)**, 107-118.
- Zavala, C. 2008. Towards a genetic facies tract for the analysis of hyperpicnal deposits. *In*: Sediment transfer from shelf to deepwater – revisiting the deliver mechanisms. AAPG Hedberg Research Conference, Ushuaia, 2008. Abstracts.
- Zavala, C.; Ponce, J. & Marteau, M., 2001. Origin, sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of the Rayoso Formation (Aptian-Albian) in the central Neuquén Basin (Argentina): American Association of Petroleum Geologists, Hedberg Conference “New technologies and New Play Concepts in Latin America”, November 5-9, 2001, Mendoza, Argentina. Abstract, p. 35-36.
- Zavala, C., Maretto, H., Di Meglio, M., 2005. Hierarchy of bounding surfaces in aeolian sandstones of the the Tordillo Formation (Neuquén Basin, Argentina). *Geologica Acta*, **3 (2)**, 133-145.
- Zavala, C.; Ponce, J. J.; Mariano, A.; Drittanti, D; Freije, H. & Asensio, M. 2006. Ancient lacustrine hyperpycnites: a depositional model from a case study in the Rayoso Formation (Cretaceous) of west-central Argentina. *J. Sed. Research*, **76**, 41-59.
- Zavala, C.; Valiente, L. B. & Valles, Y. 2008. The origin of lofting rhythmities – Lessons from thin sections. *In*: Sediment transfer from shelf to deepwater – revisiting the deliver mechanisms. AAPG Hedberg Research Conference, Ushuaia, 2008. Abstracts.

ANEXO I - Tabela dos atributos gerados nos elementos morfológicos e fácies sedimentares.

TABELA DOS ATRIBUTOS GERADOS DOS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS E DAS FÁCIES SEDIMENTARES

SEQÜÊNCIA		ELEMENTO MORFOLÓGICO		FÁCIES				Geometria
NOME	CÓDIGO	NOME	Código Numérico	NOME (Elemento Geométricos)	Código Alfa	Código Numérico	% de fácies	
Seq. 5	6	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1	argilito	A	1	80%	Camadas tabulares
		BARRA DE DESEMBOLCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2	arenito fino	F	7	20%	Camadas tabulares
				argilito	A	1	15%	
				siltito	S	3	15%	
				arenito fino	F	7	30%	
				arenito médio	M	9	30%	
				arenito grosso	G	11	10%	
		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3	argilito	A	1	25%	Camadas tabulares
				siltito	S	3	15%	
				arenito fino	F	7	15%	Camadas tabulares / irregulares
				arenito médio	M	9	35%	
				arenito grosso	G	11	10%	Camadas irregulares
		BARRA DE DESEMBOLCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4	argilito	A	1	25%	Camadas tabulares
				siltito	S	3	10%	Camadas tabulares / irregulares
				arenito fino	F	7	5%	
				arenito médio	M	9	30%	Camadas irregulares
		PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6	arenito grosso	G	11	30%	Camadas tabulares
				argilito	A	1	20%	
				siltito	S	3	20%	
				arenito fino	F	7	25%	
				arenito médio	M	9	30%	
				arenito muito grosso	MG	13	5%	Camadas irregulares
		PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHIA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7	argilito	A	1	25%	Camadas tabulares
				siltito	S	3	25%	
				arenito fino	F	7	45%	
		CANAIS ESTUARINOS (H)	8	arenito médio	M	9	5%	Camadas tabulares
				arenito médio	M	9	40%	
				arenito muito grosso	MG	13	60%	Camadas irregulares
		SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE (I)	9	arenito fino (muito fino)	F	7	45%	Camadas tabulares
				arenito médio	M	5	25%	Camadas tabular a lenticular
				arenito muito grosso (grosso)	MG	13	20%	Camadas tabulares
				granulo	GR	15	10%	Camadas tabular a lenticular
		SISTEMA FLUVIAL ENTRELAÇADO GROSSO (L)	12	arenito muito fino	MF	5	10%	Camadas tabulares
				arenito médio	M	9	20%	Camadas tabular a lenticular / irregular
				arenito grosso	G	11	10%	Camadas tabulares
				granulo	GR	15	50%	Camadas irregulares
				seixo	SX	17	10%	

Seq. 4.5	5	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1	argilito	A	1		Camadas tabulares
				arenito fino	F	7		
		BARRA DE DESEMBOCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		
				arenito muito grosso	MG	13		Camadas irregulares
		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		Camadas tabulares / irregulares
				arenito grosso	G	11		Camadas irregulares
		BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		Camadas tabulares / irregulares
				arenito médio	M	9		Camadas irregulares
				arenito grosso	G	11		
		PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		Camadas irregulares
		CANAIS ESTUARINOS (H)	8	arenito médio	M	9		Camadas irregulares
				arenito muito grosso	MG	13		
		SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	10	arenito fino	F	7		Camadas tabulares
				arenito médio	M	5		Camadas tabular a lenticular
				arenito grosso	G	11		Camadas tabulares
				arenito muito grosso	MG	13		Camadas tabular a lenticular

Seq. 4.4	4	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1	argilito	A	1		Camadas tabulares
				arenito fino	F	7		
		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		Camadas tabulares / irregulares
				arenito grosso	G	11		Camadas irregulares
		SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	10	arenito fino	F	7		Camadas tabulares
				arenito médio	M	5		Camadas tabular a lenticular
				arenito grosso	G	11		Camadas tabulares
				arenito muito grosso	MG	13		Camadas tabular a lenticular

Seq. 4.3	3	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1	argilito	A	1		Camadas tabulares
				arenito fino	F	7		
		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		
		BARRA DE DESEMBOLCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		
		SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇÃO ARENOSO (J)	10	arenito fino	F	7		Camadas tabulares
				arenito médio	M	5		
				arenito grosso	G	11		
				arenito muito grosso	MG	13		

Seq. 4.2	2	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1	argilito	A	1		Camadas tabulares
				arenito fino	F	7		
		BARRA DE DESEMBOLCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		
		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
		BARRA DE DESEMBOLCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4	arenito médio	M	9		Camadas tabulares / irregulares
				arenito grosso	G	11		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
		PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		
		PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHIA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7	argilito	A	1		Camadas tabulares
				siltito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
		CANAIS ESTUARINOS (H)	8	arenito médio	M	9		Camadas irregulares
				arenito muito grosso	MG	13		
		SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇÃO ARENOSO (J)	10	arenito fino	F	7		Camadas tabulares
				arenito médio	M	5		
				arenito grosso	G	11		
				arenito muito grosso	MG	13		

Seq. 4.1	1	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1	argilito	A	1		Camadas tabulares
				arenito fino	F	7		
		BARRA DE DESEMBOCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2	argilito	A	1		Camadas tabulares
				silito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		
		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3	argilito	A	1		Camadas tabulares
				silito	S	3		
				arenito fino	F	7		Camadas tabulares / irregulares
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		Camadas irregulares
		BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4	argilito	A	1		Camadas tabulares
				silito	S	3		
				arenito fino	F	7		Camadas tabulares / irregulares
				arenito médio	M	9		
				arenito grosso	G	11		Camadas irregulares
		BARRA DE DESEMBOCADURA DE "BRAID DELTAS" (E)	5	argilito	A	1		tabular
				arenito muito fino	MF	5		tabular
				arenito fino	F	7		tabular
				arenito médio	M	9		tabular
				granulo	GR	15		tabular
				seixo	SX	17		tabular
		PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHIA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7	argilito	A	1		Camadas tabulares
				silito	S	3		
				arenito fino	F	7		
				arenito médio	M	9		

Elemento	Código
PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
BARRA DE DESEMBOCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2
BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4
BARRA DE DESEMBOCADURA DE "BRAID DELTAS" (E)	5
PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6
PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHIA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7
CANAIS ESTUARINOS (H)	8
SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE (I)	9
SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	10
SISTEMA FLUVIAL ANASTAMOSADO (K)	11
SISTEMA FLUVIAL ENTRELÇAÇADO GROSSO (L)	12
BARRA (M)	13

Litologia	Código
A	1
S	3
MF	5
F	7
M	9
G	11
MG	13
GR	15
SX	17
BL	19
MT	21

ANEXO II - Síntese das associações dos elementos morfológicos e suas paleocorrentes.

SINTESE DOS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS					
SEQUÊNCIA	PERFIL		ELEMENTO MORFOLÓGICO (ZAVALA)	Elemento	Código
JC 5	1	Cerro Chacaico	H, C, A, F, CB	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
	2	Charahuilla	H, C, A, B, C, BDG, G	BARRA DE DESEMBOLADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2
	3	Puesto Policia	H, B, C, A,	BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
	4	Los Molles	F, C, A, H, F, B, D	BARRA DE DESEMBOLADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4
	5	Lohan Mahuida	H, C, BD (C ), A, AB, BD	PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6
	6	Puesto Bascunan	H, FD, CD, A	PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHÍA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7
	7	Bosque Petrificado	L	CANAIS ESTUARINOS (H)	8
	8	Ricon del Aguila	L, G, A, D, I	SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE (I)	9
	9	Cerro Lotena		SISTEMA FLUVIAL ENTRELAÇADO GROSSO (L)	12
	11	Puente Picun Leufu	H, C, A, AD (C ), D, BD, G		
	12	Puesto Pichonleo	H, C, A, D(B), D		
JC 4.5	1	Cerro Chacaico	-	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
	2	Charahuilla	-	BARRA DE DESEMBOLADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2
	3	Puesto Policia	-	BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
	4	Los Molles	-	BARRA DE DESEMBOLADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4
	5	Lohan Mahuida	J, H, F, C, A, B, D	PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6
	6	Puesto Bascunan	H, CD, A, D	CANAIS ESTUARINOS (H)	7
	7	Bosque Petrificado	-	SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	8
	8	Ricon del Aguila	-		
	9	Cerro Lotena			
	11	Puente Picun Leufu	-		
	12	Puesto Pichonleo	B, D(B)		
JC 4.4	1	Cerro Chacaico	-	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
	2	Charahuilla	-	BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
	3	Puesto Policia	-	SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	10
	4	Los Molles	-		
	5	Lohan Mahuida	J, C, A		
	6	Puesto Bascunan	C, CD		
	7	Bosque Petrificado	-		
	8	Ricon del Aguila	-		
	9	Cerro Lotena			
	11	Puente Picun Leufu	-		
	12	Puesto Pichonleo	-		



JC 4.3	1	Cerro Chacaico	-	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
	2	Charahuilla	-	BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
	3	Puesto Policia	-	BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4
	4	Los Molles	-	SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	10
	5	Lohan Mahuida	J, CD, A		
	6	Puesto Bascunan	-		
	7	Bosque Petrificado	-		
	8	Ricon del Aguila	-		
	9	Cerro Lotena			
	11	Puente Picun Leufu	-		
	12	Puesto Pichonleo	-		
JC 4.2	1	Cerro Chacaico	A, D	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
	2	Charahuilla	H, C, A, BD, GB, G	BARRA DE DESEMBOCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2
	3	Puesto Policia	A, B, C, G	BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
	4	Los Molles	A, B, D	BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4
	5	Lohan Mahuida	B, A, CD, C, G, H, FD	PLANÍCIE DE MARÉ (F)	6
	6	Puesto Bascunan	-	PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHÍA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7
	7	Bosque Petrificado	-	CANAIS ESTUARINOS (H)	8
	8	Ricon del Aguila	-	SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO (J)	10
	9	Cerro Lotena			
	11	Puente Picun Leufu	J, B, BD, G		
	12	Puesto Pichonleo	-		
JC 4.1	1	Cerro Chacaico	A, BD, D	PLATAFORMA COSTA FORA À PRODELTA (A)	1
	2	Charahuilla	A, D	BARRA DE DESEMBOCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA (B)	2
	3	Puesto Policia	A, B	BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA (C)	3
	4	Los Molles	A, D	BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO (D)	4
	5	Lohan Mahuida	A, C(D)	BARRA DE DESEMBOCADURA DE "BRAID DELTAS" (E)	5
	6	Puesto Bascunan	-	PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO À BAHÍA INTERDISTRIBUTÁRIA (G)	7
	7	Bosque Petrificado	A, AE, E, G		
	8	Ricon del Aguila	A, E		
	9	Cerro Lotena			
	11	Puente Picun Leufu	A, GB, B(D), G		
	12	Puesto Pichonleo	-		

ANEXO III - Síntese das associações de fácies e das fácies sedimentares.

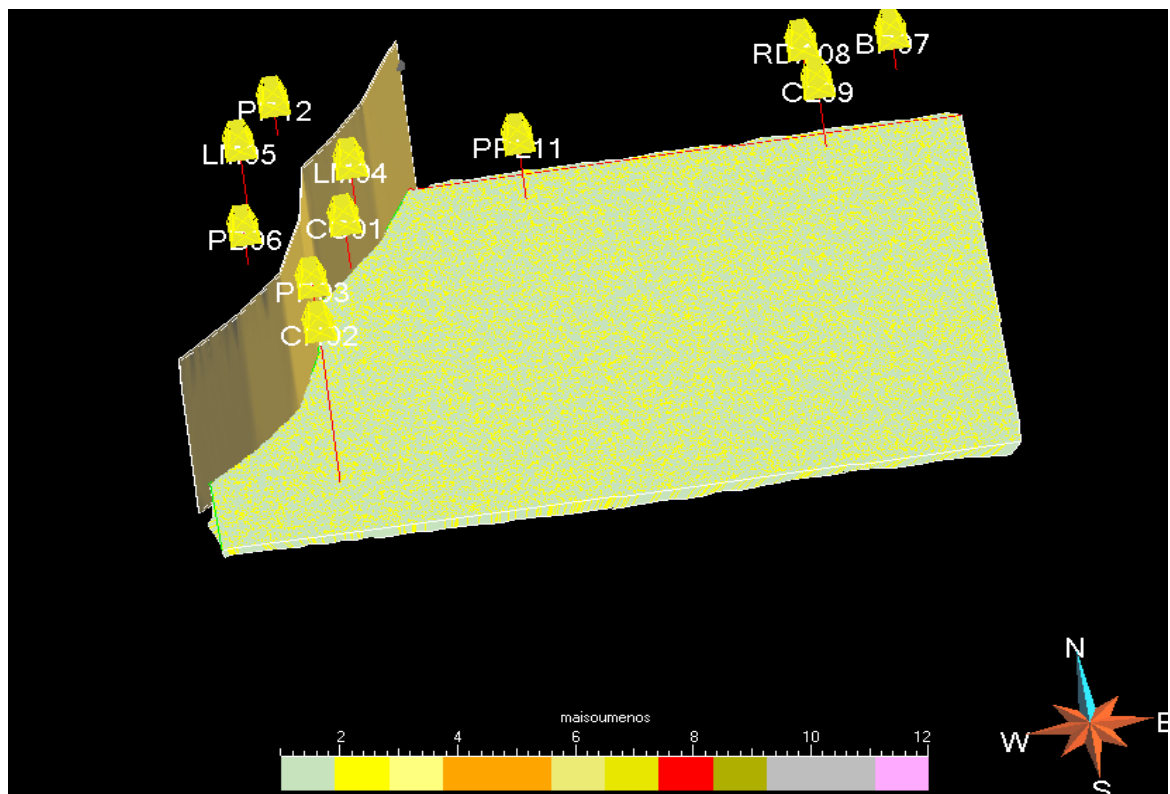
SINTESE DAS FÁCIES IDENTIFICADAS									
FACIES NUMEROS	LITOLOGIAS	RESUMO LITO	ESPESSURA	ESTRUTURAS SEDIMENTARES	GEOMETRIA	PROCESSOS SEDIMENTARES	AMBIENTE	BIOTURBAÇÃO	ARRANJO INTERNO
1	argilitos e limonitas cinza escuras, com raras intercalações de arenitos finos.	argilito	-	intercalações com estratificação cruzada "hummocky", regime fluxo superior, ripples (ondulitas) de correlação e oscilação	tabular	decantação e tração/decantação	plataforma costa afora (prodelta) e planície deltaica	raras	intercalação granodecrescente
		arenito fino	até 2 m						
2	wackes (arenito argiloso) e pelitos cinza médio com frequentes intercalações de arenito médio	PELITO (SEQ. 5 - SILTITO "3" / SEQ. 4 - ARGILITO DISTAL "1")	-	intercalações com estratificação cruzada "hummocky", tabular-plano, fluxo de regime superior, ripples de onda e correlação	tabular	decantação e tração/decantação	frente deltaica inferior a planície deltaica	comum	comum estrato crescente
		arenito muito fino	30 cm . À metros						
3	arenitos finos a médio, amarelo acizentado, com intercalações de pelitos carbonosos em sua base.	PELITO (SEQ. 5 - SILTITO "3" / SEQ. 4 - ARGILITO DISTAL "1")	-	estratificação cruzada "hummocky", laminação paralela, lineação parting, ripples de onda	tabular	tração/decantação	frente deltaica superior a baixo "shoreface"	abundantes	estrato e granocrescência
		arenito fino	30 cm						
		arenito médio	2 m						
4	arenitos finos a médios, laranja acizentado, cinza claro a castanho claro	arenito fino	30 cm	estratificação cruzada tabular-plana, festonada, ripples de correlação e onda, fluxo de regime superior e "flasers"	tabular	tração com baixo regime de fluxo	"shoreface", alto à boca de distribuição	abundantes	comumente estrato e granocrescência.
		arenito médio	1 m						
5	arenitos médios a grossos, coloração cinza a laranja acizentados	arenito médio	-	laminação de regime de fluxo superior, estratificação cruzada "swash" e "hummocky", abundantes ripples de onda	tabular	tração/decantação de alto regime	"foreshore"	abundantes	-
		arenito grosso	-						
6	calcários "packstone" de coloração castanho médio a laranja amarelado, com matriz arenosa grossa	arenito muito grosso	até 3 m	maciça	irregular	tração	"foreshore"	irregular	-
7	arenitos médios a grossos, coloração cinza claro	arenito médio	2 cm	estratificação cruzada tabular plana de grande escala (1,5 - 2m), ripples acalonadas transladante (crista migra)	tabular	tração e tração/decantação	"backshore" (dunas eolicas)	-	-
		arenito grosso	3 cm						
8	arenitos finos a médios, coloração laranja amarelado	arenito fino	-	estratificação cruzada sigmoidal, tabular-plano, ritmos amarelos, ripples de corrente e onda	tabular	tração e decantação	barras mareais subtidais	comum	estrato e granocrescência
		arenito médio	-						
9	arenitos médios a muitos grossos de coloração castanho claro. Abundantes bioclastos	arenito médio	até 3 m	estraficação cruzada festonada, tabular plano, ripples de correlação e onda	irregular	tração	canais distributários transbordantes	comum	granodecrescência
		arenito muito grosso							
10	arenitos finos de coloração laranja acizentado, com intercalações de wackes finos carbonosos.	arenito fino	até 4 m	ripples de correlação e estratificação cruzada tabular-plano. Em menor medida, laminação de regime de fluxo superior e ripples de onda	tabular	tração	frente deltaica fluvio-dominado	comum	estrato crescente
		arenito muito fino							
11	arenitos médios a muito grossos, coloração laranja acizentado. Bioclastos em sua base.	arenito médio	-	estratificação cruzada sigmoidal, "herring bone", tabular-plano, festonada, fluxo de regime superior e ripples de correlação e onda	irregular	tração e decantação	canais estuarinas (subtidal - submaré)	comum	estrato e granodecrescência
		arenito muito grosso	-						
12	pelitos e wackes de coloração cinza médio e muito carbonosos	PELITO (SEQ. 5 - SILTITO "3" / SEQ. 4 - ARGILITO DISTAL "1")	-	estratificação cruzada tabular plano e sigmoidal, laminação, flasers, "wave" e "lenticular bedding"	tabular	decantação e tração/decantação	planície de maré "sand flat" a "mixed flat"	muito abundante	-
		arenito muito fino	-						
13	argilitos e limonitas cinza escuras à negras, com intercalações de arenitos finos.	argilito	2 m	intercalações com "wave bedding" e "lenticular bedding"	tabular	decantação e tração/decantação	planície mareal FANGOSA "mud flat"	abundantes	estrato e granodecrescência
		arenito fino	6 m						
14	arenitos médios a muito grossos, coloração laranja acizentado, conglomeráticos em sua base	arenito médio	cm	estratificação cruzada festonado, tabular-plano, laminação de fluxo de regime superior e ripples de corrente	tabular a lenticular	tração	canais fluviais	-	estrato e granodecrescência
		arenito muito grosso							
15	conglomerados grossos, clastos suportado de coloração castanho médio, com intercalação de arenitos médios. Bioclastos.	arenito médio	-	maciço, intercalado com estratificação cruzado tabular-plano e festonada, laminação de regime de alto fluxo e ripples de corrente	tabular	tração	frente deltaica	raras	estrato e granodecrescência
		conglomerado grosso (seixo - 17)	-						
		clasto suportado / ortoconglom (GR -15)	-						
16	conglomerados grossos, clastos suportado de coloração laranja acizentado, com intercalação de arenitos médios	arenito médio	10 cm - 50 cm	maciço e estratificação cruzado tabular-plano, imbricação. Intercalado com estratificação cruzada tabular-plana, festonada e laminação	irregular	tração	canais fluviais entrelaçados	-	granodecrescência
		conglomerado grosso (seixo - 17)							
		clasto suportado / ortoconglom (GR -15)							
17	pelitos e wackes cinzas, muito carbonosos, com intercalações arenitos	PELITO (SEQ. 5 - SILTITO "3" / SEQ. 4 - ARGILITO DISTAL "1")	30 cm	laminação de regime de fluxo superior, estratificação cruzada "hummocky" e "swalley", ripples escalonadas de correlação e onda	tabular	tração/decantação	pantano interdistributário	muito abundante	-
		arenito muito fino	14 m						
18	pelitos e wackes finos cinzas, verde claro à vermelho escuro com intercalações de arenito fino e grosso	arenito fino	10 cm - 1 m	laminação de regime de alto fluxo, ripples de corrente e onda	tabular	decantação e tração	planície aluvial	abundantes	-
		arenito grosso							
19	carvão (lignita) e argilas carbonosas de coloração negra	argilito	-	-	tabular	decantação	pantano interdistributário	-	-

SINTESE DAS ASSOCIAÇÕES DAS FÁCIES SEDIMENTARES			
ASSOC. FÁCIES	FÁCIES	ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS	AMBIENTE DEPOSICIONAL (ELEMENTO MORFOLÓGICO)
A	1		PLATAFORMA COSTA FORA A PRODELTA
B	1,2,3,4,5,6,7		BARRA DE DESEMBOCADURA DOMINADA POR ONDA/PRAIA
C	1,2,4,8,9		BARRA DE MARÉ DE PLATAFORMA A ESTUARINA
D	1,2,4,9,10		BARRA DE DESEMBOCADURA FLUVIO-DOMINADO
E	1,2,3,15		BARRA DE DESEMBOCADURA DE "BRAID DELTAS"
F	11,12,13		PLANÍCIE DE MARÉ
G	1,2,17,19		PLANÍCIE DELTAICA INFERIOR, PANTANO A BAHÍA INTERDISTRIBUTÁRIA
H	11, ( 6 )		CANAIS ESTUARINOS
I	14, ( 18 )	CH, (GB), LA, SB, OF	SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE
J	14, ( 18 )	CH, SB, DA, (OF)	SISTEMA FLUVIAL ESTRELAÇADO ARENOSO
K	18, ( 14 )	OF, CH, SB	SISTEMA FLUVIAL ANASTAMOSADO
L	16 ( 14 ) ( 18 )	GB, CH, SB, (OF)	SISTEMA FLUVIAL ENTRELAÇADO GROSSO
M	18		MARREAL

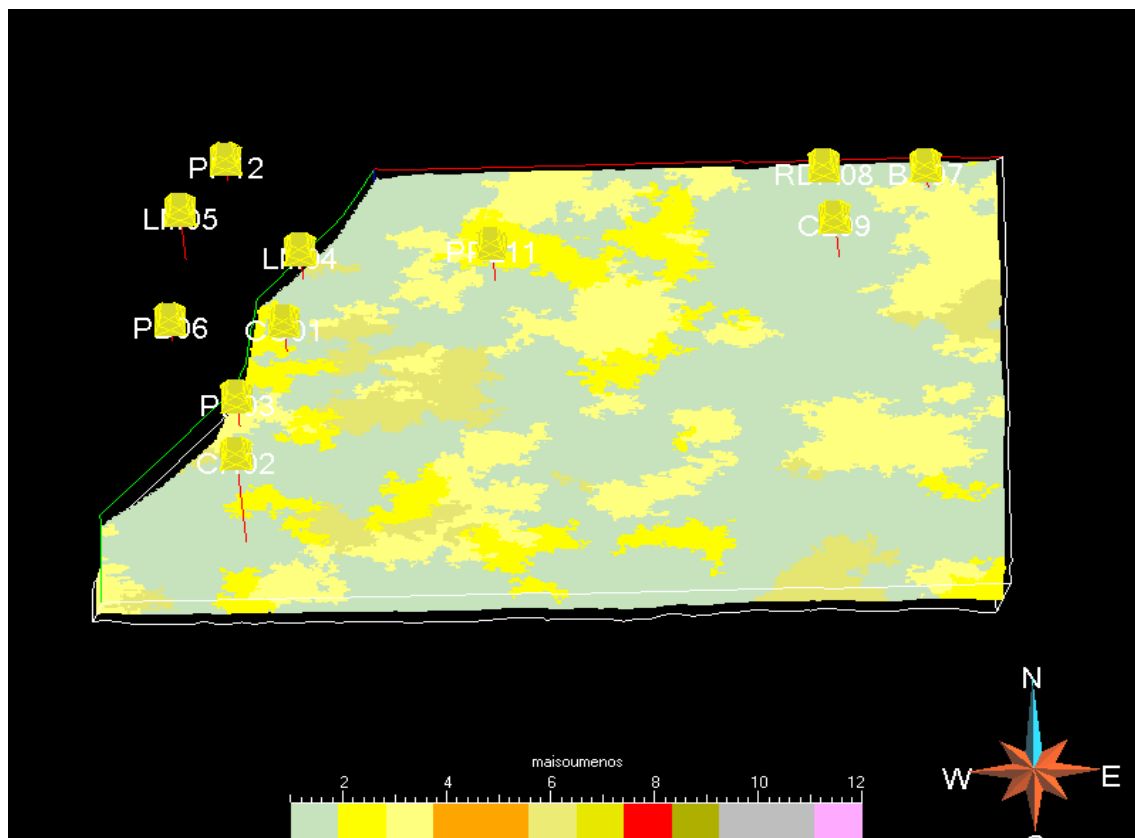
<b><u>ELEMENTO ARQUITETURAL (MIALL,1996)</u></b>
<b>CH:</b> Canal ( Channel )
<b>DA:</b> Barra Longitudinal ( Downstream Accrecion Macroform )
<b>LA:</b> Barra em pontal ( Lateral Accrecion macroform )
<b>GB:</b> Barra Cascalhosa ( Gravel Bar and bedforms )
<b>SB:</b> Forma de Leito Arenosa (Sandy bedforms )
<b>OF:</b> Planície de Inundação / Pelitos de transbordamento (Overbankfine)

ANEXO IV - Modelagem das sequências deposicionais JC1, JC2, JC3, JC41, JC42, JC43, JC44, JC45

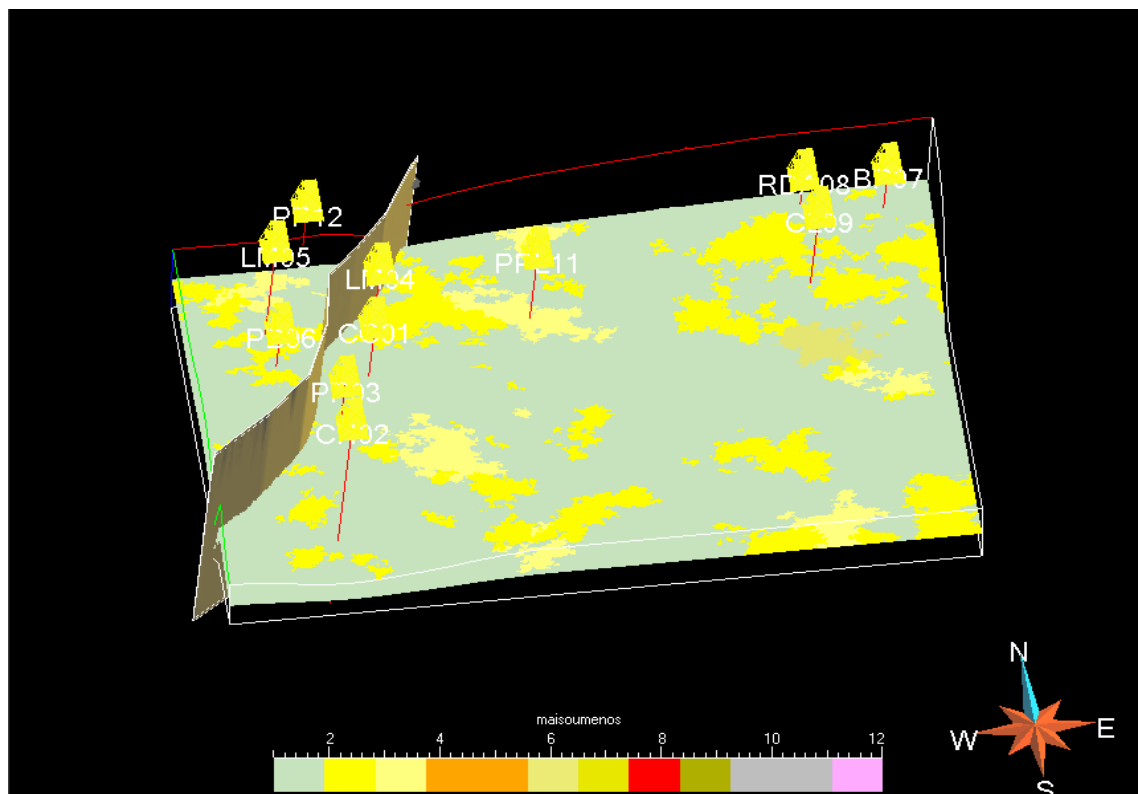
- Fácies da sequência JC1.



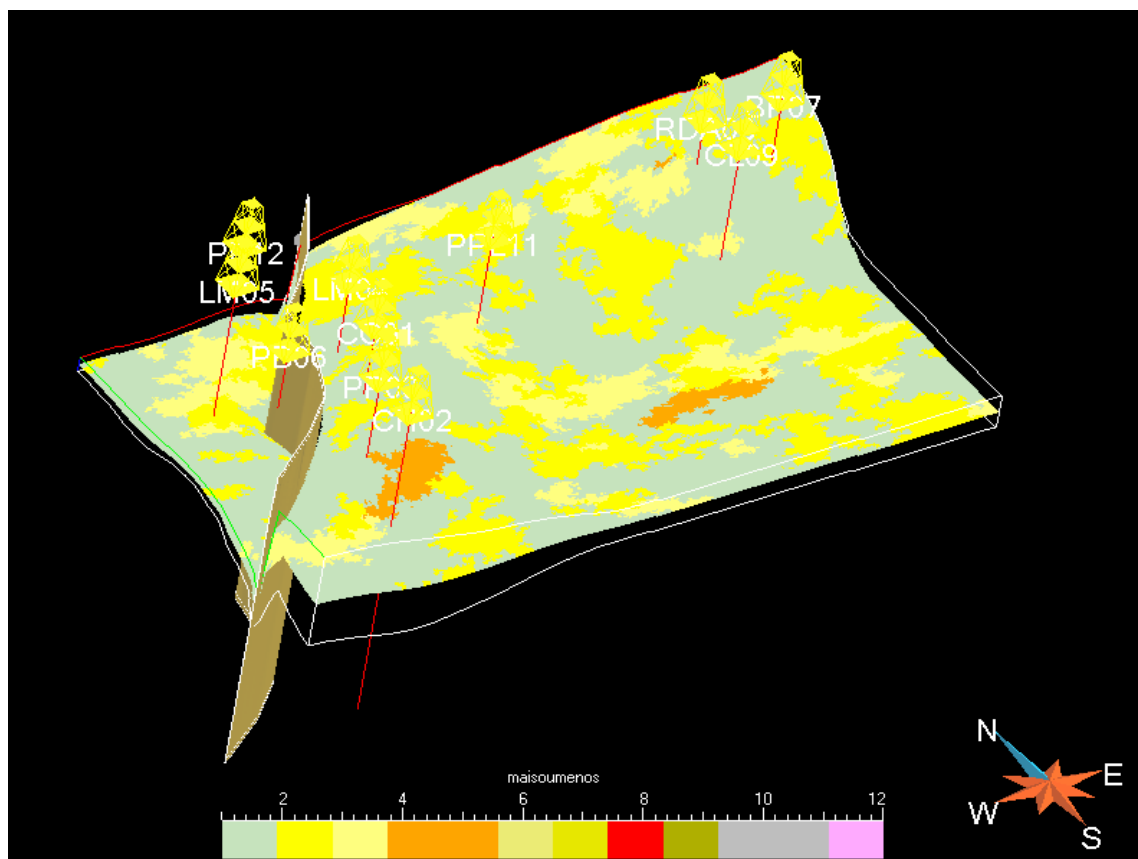
- Fácies da sequência JC2.



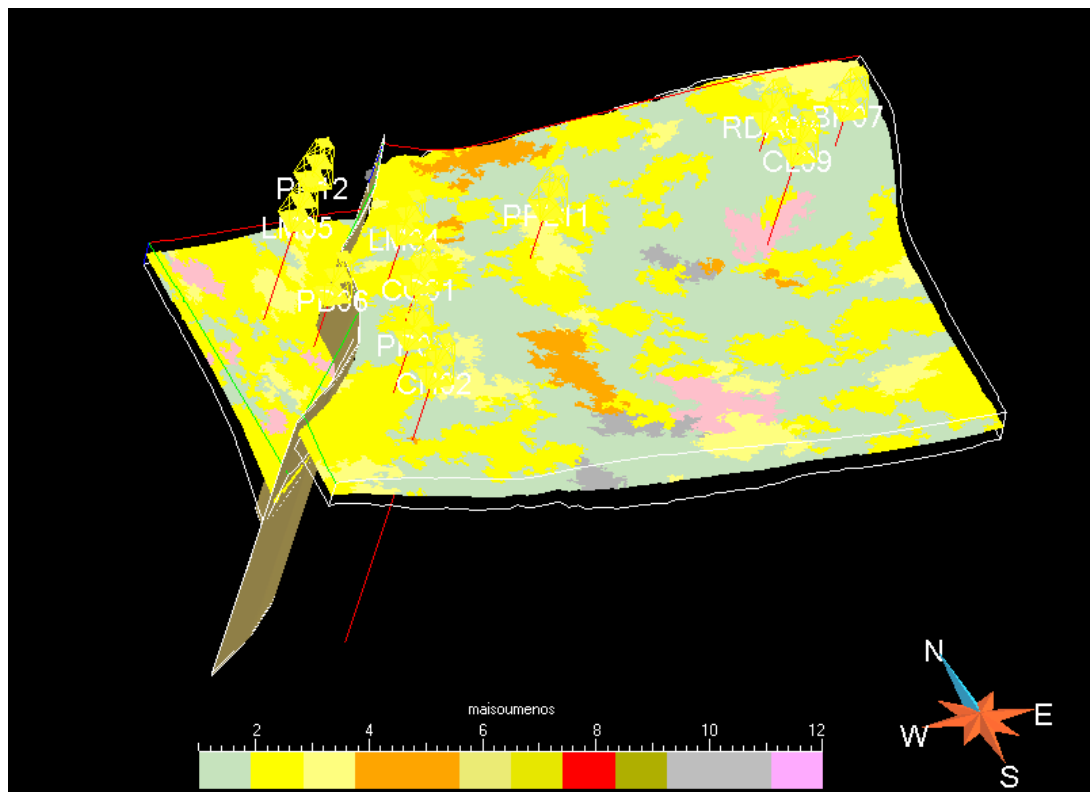
- Fácies da sequência JC3.



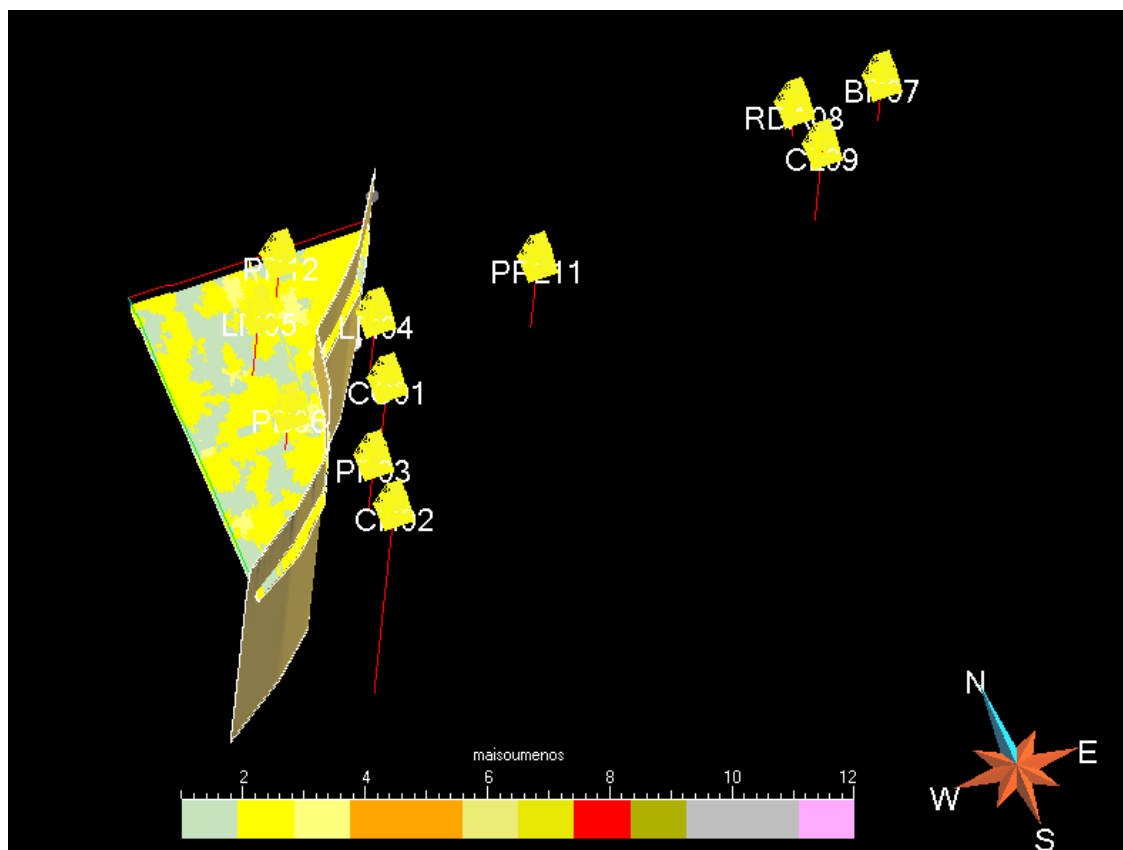
- Fácies da sequência JC41.



- Fácies da sequência JC42.

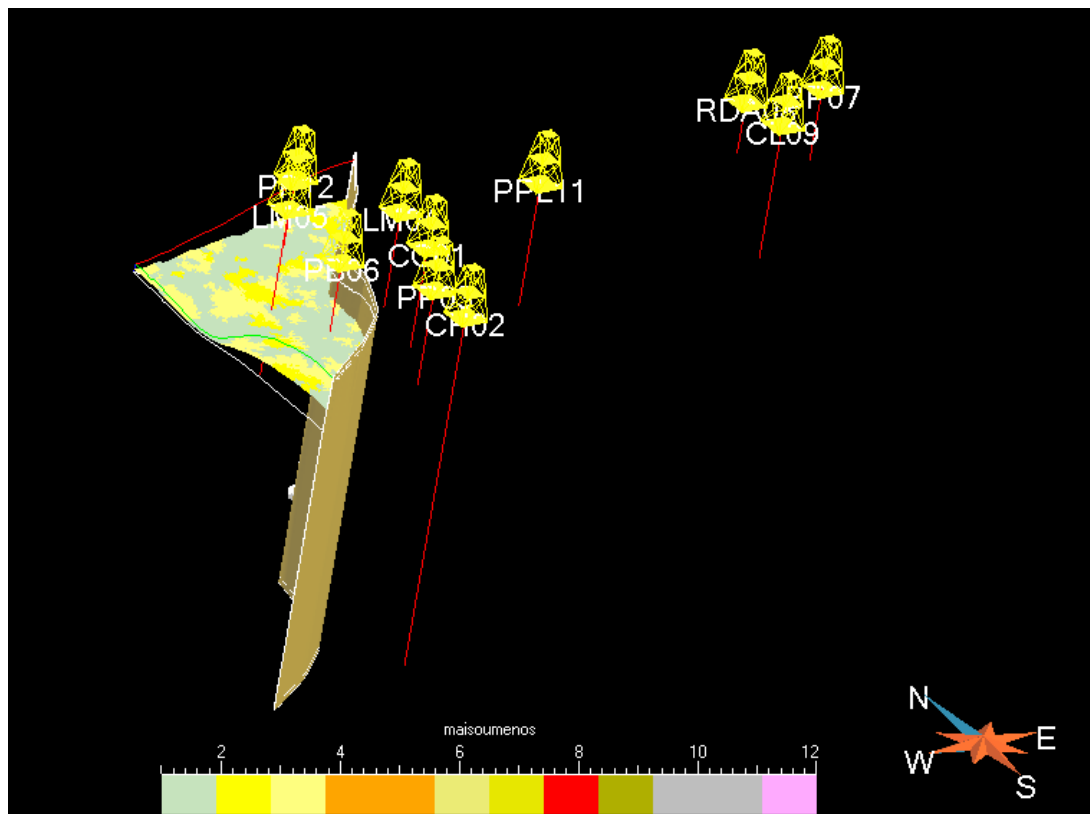


- Fácies da sequência JC43.

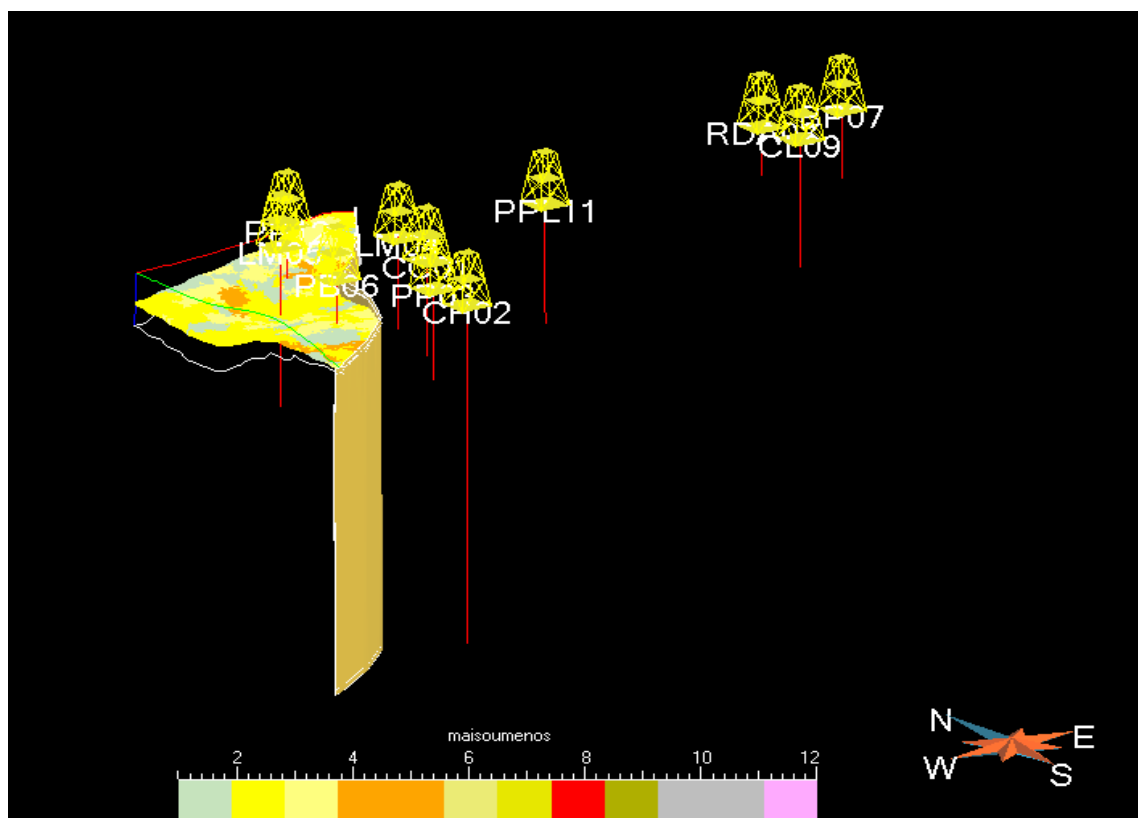




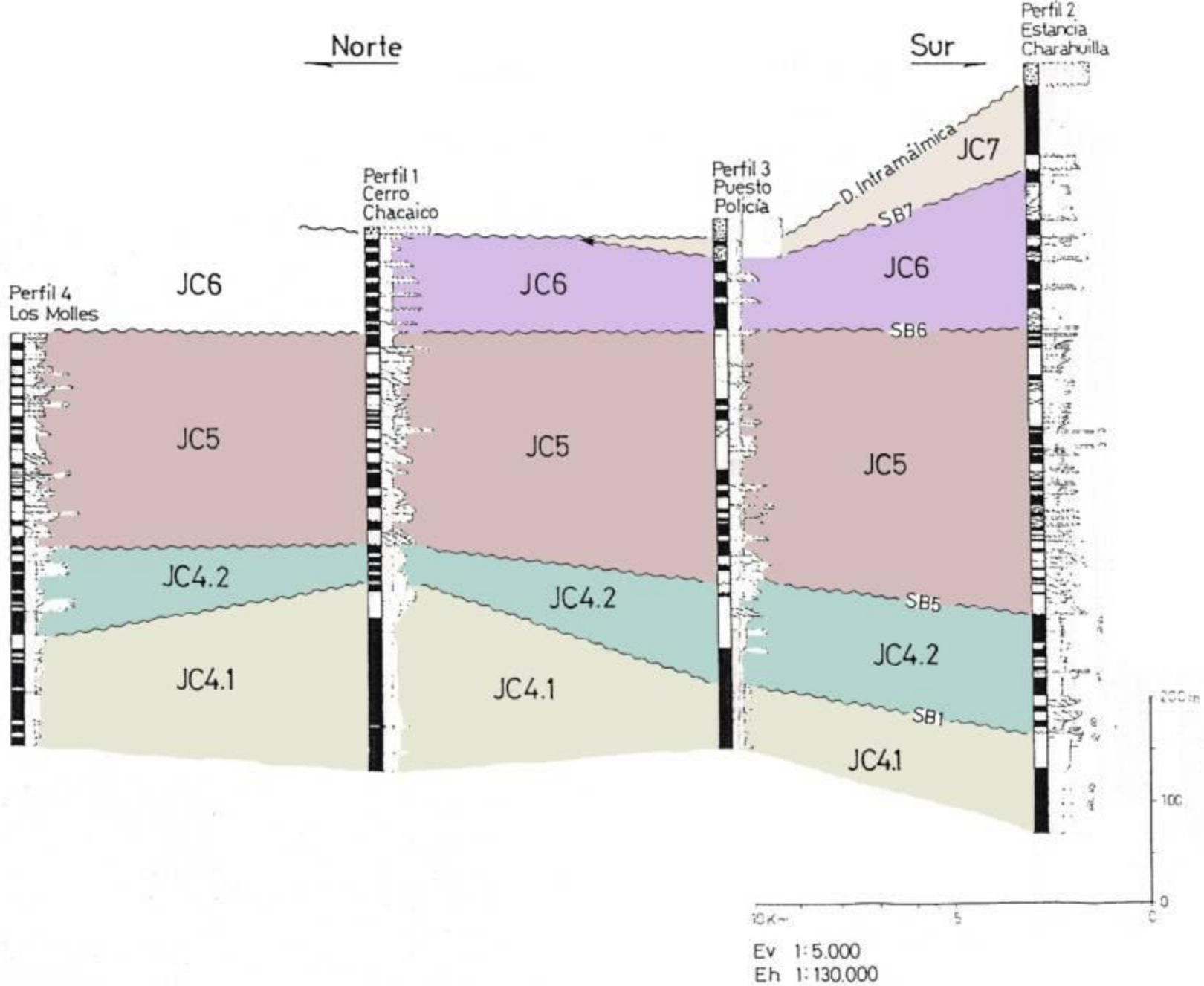
- Fácies da sequência JC44.



- Fácies da sequência JC45.



ANEXO V - Seções estratigráficas 2D (N-S / E-W).



CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DOS PERFIS 5,12,4,11,8 E 7, ENTRE LOHAN MAHUIDA E BOSQUE PETRIFICADO (80KM)

